



# SUELOS DEL ECUADOR

## Distribución, Clasificación y Caracterización

Mapa General de Suelos del Ecuador

Luis Mejía Vallejo



Derechos de autor © 2025

PUBLICADO POR AMAZON

AMAZON.COM

Licenciado bajo la Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License (la “Licencia”). Este archivo sólo puede utilizarse de conformidad con la Licencia. Puede obtener una copia de la Licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>. A menos que lo exija la legislación aplicable o se acuerde por escrito, el software distribuido bajo la Licencia se distribuye «tal cual», sin garantías ni condiciones de ningún tipo, ya sean expresas o implícitas. Consulte la Licencia para conocer el lenguaje específico que rige los permisos y limitaciones bajo la Licencia.

*Primera impresión, Marzo 2025*

# **Agradecimientos**

*A quienes han brindado su valioso apoyo para la culminación y publicación de esta obra  
A nuestra familia*





## Índice general

<b>1</b>	<b>Conceptos Generales</b>	<b>11</b>
1.1	El Suelo	11
1.2	El Perfil de Suelo	13
1.3	Los Horizontes del Suelo	13
1.3.1	Designaciones de horizontes y capas del suelo	13
<b>1.4</b>	<b>Factores de Formación del Suelo</b>	<b>21</b>
1.4.1	La roca madre o material litológico (m)	23
1.4.2	El clima (cl)	34
1.4.3	La topografía o relieve (r)	38
1.4.4	Los organismos (o)	41
1.4.5	El tiempo (t)	43
<b>1.5</b>	<b>Procesos de Formación del Suelo</b>	<b>46</b>
1.5.1	Procesos físicos	46
1.5.2	Procesos químicos	56
1.5.3	Procesos biológicos	59
<b>2</b>	<b>La Cartografía de Suelos</b>	<b>63</b>
2.1	El Sistema de Clasificación Taxonómica de Suelos en el Ecuador	63
2.2	Esquema General de Distribución de Suelos en el Ecuador	66
<b>3</b>	<b>Taxonomía y Caracterización de los Suelos del Ecuador</b>	<b>69</b>
3.1	Orden Entisoles	69
3.2	Orden Inceptisoles	78
3.3	Orden Andisoles	85

<b>3.4</b>	<b>Orden Vertisoles</b>	<b>97</b>
<b>3.5</b>	<b>Orden Aridisoles</b>	<b>100</b>
<b>3.6</b>	<b>Orden Molisoles</b>	<b>103</b>
<b>3.7</b>	<b>Orden Alfisoles</b>	<b>109</b>
<b>3.8</b>	<b>Orden Oxisoles</b>	<b>113</b>
<b>3.9</b>	<b>Orden Histosoles</b>	<b>116</b>
<b>4</b>	<b>Los Suelos del Ecuador en el Sistema WRB (FAO/UNESCO)</b>	<b>119</b>
	<b>Apéndices</b>	<b>131</b>
	Horizontes diagnósticos . . . . .	133
	Regímenes de humedad y temperatura del suelo . . . . .	138
	Nuevo mapa de suelos del Ecuador . . . . .	140
	Grandes conjuntos de relieve en el Ecuador . . . . .	142
	Glosario . . . . .	143
	<b>Bibliografía</b> . . . . .	<b>153</b>



## Presentación

La Constitución Política de la República de Ecuador 2008, dentro de sus Principios Fundamentales, artículo 3, numeral 5, establece el siguiente deber primordial del Estado: “Planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al buen vivir”.

El término **desarrollo sostenible, perdurable o sustentable** se aplica al desarrollo socio-económico y fue formalizado por primera vez en el documento conocido como “Informe Brundtland”, fruto de los trabajos de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en Asamblea de las Naciones Unidas en 1983. Dicha definición se asumiría en el Principio 3º de la Declaración de Río (1992).

Según la Declaración de Río (1992), el desarrollo sustentable o sostenible implica “satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades”. En términos simples, esta actividad surge como una manera de responder a las exigencias de la comunidad, principalmente en las áreas ecológica o ambiental, económica y social. Estos tres pilares se entrelazan entre sí en un triángulo que es dinámico y que, por ende, cambiará de acuerdo a la región donde se deseé aplicar. También dependerá de los problemas que aquejen a ese determinado espacio, actores a intervenir, características de dicho territorio, etc.

El bienestar social, por tanto, está íntimamente ligado a esta actividad, ya que al brindar soluciones a las principales necesidades de la población como alimentación, pobreza, vivienda, ropa, trabajo y destrucción del medio ambiente, entre muchos otros aspectos, el ser humano tendrá la oportunidad de disfrutar de una mayor calidad de vida y, por ende, de un mayor balance personal (afectivo, espiritual e intelectual).

Fuente: [www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm](http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm)

## **Justificación para el desarrollo sostenible**

La justificación del desarrollo sostenible proviene tanto del hecho de tener unos recursos naturales limitados (nutrientes en el suelo, agua potable, minerales, etc.), susceptibles de agotarse, como del hecho de que una creciente actividad económica sin más criterio que el económico produce, tanto a escala local como planetaria, graves problemas ambientales que pueden llegar a ser irreversibles.

## **Condiciones para el desarrollo sostenible**

Los límites de los recursos naturales sugieren tres reglas básicas en relación con los ritmos de desarrollo sostenible:

1. Ningún recurso renovable deberá utilizarse a un ritmo superior al de su generación.
2. Ningún contaminante deberá producirse a un ritmo superior al que pueda ser reciclado, neutralizado o absorbido por el medio ambiente.
3. Ningún recurso no renovable deberá aprovecharse a mayor velocidad de la necesaria para sustituirlo por un recurso renovable utilizado de manera sostenible.

## **Objetivos del desarrollo sostenible**

- Revitalizar el crecimiento económico
- Atender y brindar solución a las principales necesidades de la población
- Conservar los recursos naturales
- Tomar en cuenta las repercusiones del medio ambiente en la toma de decisiones
- Impulsar la capacitación tecnológica
- Elevar los niveles de producción, para generar ingresos de exportación

Siendo uno de los objetivos del desarrollo sostenible la **conservación de los recursos naturales**; de manera específica y, en relación al recurso suelo, la Constitución de la República del Ecuador 2008, en la Sección Quinta (Suelo) del Capítulo Segundo (Biodiversidad y Recursos Naturales), en su Art. 409 señala: “**Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo**, en especial de su capa fértil, para lo cual se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable, que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión”.

Este precepto constitucional podrá cumplirse siempre y cuando el recurso sea manejado de una manera adecuada, es decir, bajo usos y prácticas que permitan su aprovechamiento y a la vez lo preserven; lo cual exige conocer sus potencialidades y limitaciones a efectos de no sobreutilizarlo y así cumplir con las condiciones del desarrollo sostenible anteriormente señaladas.

El conocimiento del recurso suelo que se requiere para lograr el objetivo de conservación se logra a través de los inventarios de suelos, herramientas que permiten identificar y caracterizar las diversas clases de suelos que se hallan distribuidas en un determinado espacio territorial.

En el Ecuador, la primera publicación relacionada con un inventario del recurso suelo a nivel nacional se da en cumplimiento del Acuerdo Suplementario No. 8B, suscrito el 8 de diciembre de 1954 entre el Gobierno del Ecuador y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), mediante el cual se proporcionó una misión de asesoramiento y ayuda al Gobierno en las labores de clasificación, reconocimiento y fertilidad de suelos.

Para el efecto fue nombrado el Dr. Erwin Frei, experto en reconocimientos edafológicos, el mismo que entre 1955 y 1956 publicó su Informe al Gobierno del Ecuador sobre reconocimientos edafológicos exploratorios (Erwin Frei, 1957. Informe No. 585. Roma. 1957). Este primer reconocimiento

---

edafológico exploratorio se diseñó en el mapa topográfico del Ecuador, a escala 1:1.000.000, que abarca todo el territorio nacional, utilizándose para el mismo la nomenclatura de Miller 1952 y la Clasificación de EE. UU. de América de 1956.

Posteriormente, y a partir de las investigaciones y publicaciones realizadas dentro del Convenio MAG-ORSTOM<sup>1</sup>, el Ing. Luis Mejía Vallejo, a través de la Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo (SECS) compila y publica el Mapa General de Suelos del Ecuador en agosto de 1986. En dicha publicación se utilizó como sistema taxonómico de clasificación de suelos, el “Soil Classification. A Comprehensive System, 7th Approximation”, en su versión editada en el año 1977 y que luego se denominaría “Soil Taxonomy”.

El sistema de clasificación de suelos Soil Taxonomy, utilizado en la publicación del Mapa General de Suelos del Ecuador 1986, conforme se han ido obteniendo nuevos conocimientos sobre los suelos del mundo, ha experimentado modificaciones ya que se han ido agregando otros niveles categóricos en la clasificación original a fin de incorporar los nuevos suelos que se han investigado; y, es así que para el año 2010, se cuenta con la 11<sup>a</sup> edición del sistema denominada “Claves para la Taxonomía de Suelos”, que modifica de manera importante la taxonomía de los suelos del país, ya que dentro de esta nueva edición se incorpora a un nuevo orden, los ANDISOLES, que reemplaza al Suborden ANDEPTS, y cuya ocurrencia en el país es predominante dada la gran extensión de superficie que ocupan los suelos originados a partir de cenizas volcánicas.

Debido a la desactualización de la información que se genera a partir de las modificaciones en el sistema oficial de clasificación de suelos del país, y dada la necesidad de contar con una información actualizada sobre los recursos naturales; en la presente publicación, el Ing. Luis Mejía Vallejo, ofrece el nuevo Mapa General de Suelos del Ecuador a escala 1:1.000.000, documento cartográfico actualizado, el mismo que se complementa con un texto básico sobre los principios de la génesis, clasificación y caracterización de los suelos a nivel nacional.

## **El Autor**

---

<sup>1</sup>MAG-ORSTOM, Convenio para la asistencia técnica de la Oficina para la Investigación Científica y Tecnológica de Ultramar de Francia al Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador en la ejecución del programa de estudios integrados de regionalización, Quito, MAG-ORSTOM, Julio de 1974, p.1.



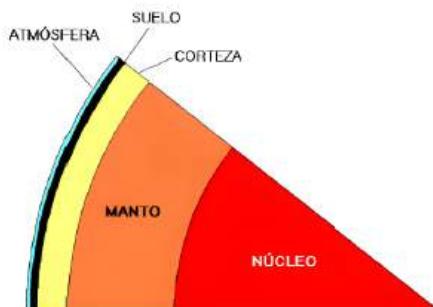
# 1. Conceptos Generales

## 1.1 El Suelo<sup>1</sup>

(Latín “solum”: piso, terreno)

La palabra “suelo”, como muchas otras, tiene varios significados. En su significado tradicional, el suelo es el medio natural para el desarrollo de plantas terrestres, ya sea que tenga o no horizontes discernibles. Esta acepción es todavía la forma más común como se comprende la palabra, y es el interés principal en el que el suelo centra su significado. Las personas consideran al suelo importante porque sostiene a las plantas que proporcionan comida, fibras y otras necesidades humanas, y porque filtra el agua y recicla desechos.

El suelo cubre a la superficie terrestre de modo continuo (Figura 1), excepto en las áreas con afloramientos rocosos, de congelamiento perpetuo o de aguas profundas, o sobre los hielos de los glaciares. En ese sentido, el suelo tiene un espesor que está determinado por la profundidad de enraizamiento de las plantas.



**Figura 1:** Sección transversal de la tierra a través de un continente.

Tomado de: Manual de Edafología. A. J. López. Dpto de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. U. de Sevilla.

<sup>1</sup>Texto tomado de: Claves para la Taxonomía de Suelos. Décima Edición, 2006. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales (USDA). Soil Survey Staff.

Para efectos de este documento, se define al suelo como un cuerpo natural que comprende a sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren en la superficie de la tierra, que ocupa un espacio, y que se caracteriza por uno o ambos de los siguientes criterios: horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas enraizadas en un ambiente natural. Esta definición es una ampliación de la versión que recoge la Taxonomía de Suelos publicada en el año 1975, para incluir a los suelos de las áreas de la Antártica donde la pedogénesis ocurre, pero el clima es demasiado agresivo para permitir el desarrollo de plantas superiores.

El límite superior del suelo es el límite entre el suelo y el aire, aguas poco profundas, plantas vivas o materiales de plantas que no han comenzado a descomponerse. Se considera que las áreas no tienen suelo si la superficie está cubierta en forma permanente por agua muy profunda (típicamente a más de 2.5 m) para no permitir el desarrollo de plantas enraizadas.

Los límites horizontales del suelo se definen cuando el suelo cambia a aguas profundas, áreas estériles, rocas o hielo. En algunos lugares, la separación entre suelo y no suelo es tan gradual que no se pueden hacer claras distinciones.

El límite inferior que separa al suelo del no suelo subyacente es el más difícil de definir. El suelo consiste de horizontes cercanos a la superficie terrestre, que, en contraste con el material parental subyacente, han sido alterados por las interacciones del clima, relieve, y organismos vivos a través del tiempo. Comúnmente, el suelo en su límite inferior cambia a roca dura o materiales terrestres virtualmente desprovistos de animales, raíces, u otras marcas de actividad biológica. Sin embargo, la profundidad inferior de la actividad biológica es difícil de establecer y con frecuencia es gradual. Para propósitos de clasificación taxonómica, el límite inferior del suelo se fija arbitrariamente a 200 cm (sección de control)<sup>2</sup>. En suelos donde la actividad biológica o los procesos pedogenéticos actuales se extiende a profundidades mayores de 200 cm, el límite inferior del suelo con propósitos de clasificación se mantiene a 200 cm. En algunos casos, los lechos rocosos más débilmente cementados (materiales paralíticos)<sup>3</sup>, han sido descritos y usados para diferenciar a series de suelos (en la sección de control de series), a pesar de que en un sentido estricto, los materiales por debajo de un contacto paralítico no sean considerados como verdaderos suelos. En áreas donde el suelo tiene horizontes delgados cementados que impiden el crecimiento de las raíces, la profundidad del suelo es hasta donde se localice el horizonte cementado más profundo, pero no hasta los 200 cm. Para ciertos propósitos de manejo, las capas más profundas que el límite inferior del suelo que es clasificado (200 cm), también podrían ser descritas si afectan el contenido y el movimiento del agua, del aire o a otras interpretaciones realizadas.

En los trópicos húmedos, los materiales terrestres se pueden extender a varios metros de profundidad con cambios no obvios por debajo de los primeros 1 ó 2 m superiores, excepto por líneas ocasionales de piedras. En muchos suelos saturados, los materiales de suelo gleyzado<sup>4</sup> pueden localizarse a pocos centímetros de la superficie y en algunas áreas pueden extenderse hasta varios metros sin cambios aparentes con el incremento de la profundidad.

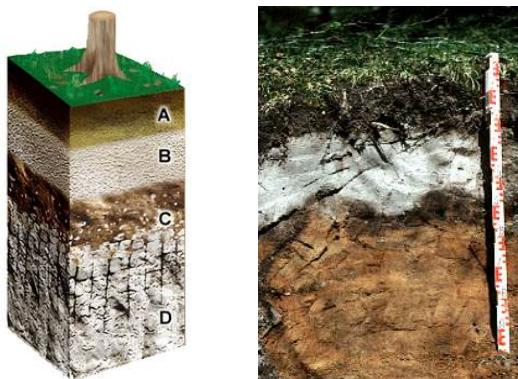
<sup>2</sup>Sección de control: proporción del perfil del suelo delimitada en términos de una profundidad arbitraria o rango de profundidad expresada en centímetros.

<sup>3</sup>Materiales paralíticos: materiales relativamente inalterados, con una clase de resistencia a la ruptura de débil a moderadamente cementados. La cementación, densidad aparente y organización, son tales que las raíces no pueden penetrar excepto por las grietas. Es común que, estos materiales sean lechos rocosos parcialmente intemperizados o lechos rocosos débilmente consolidados, tales como areniscas, pizarras o esquistos.

<sup>4</sup>Suelo gleyzado: suelo en donde el hierro fue reducido y removido durante su formación o que la saturación con agua estancada lo ha preservado en un estado reducido. La mayoría de las capas afectadas tienen un chroma de 2 o menos y muchas tienen concentraciones redox.

## 1.2 El Perfil de Suelo

Si se examina detalladamente un suelo tal como se encuentra en el campo, realizando un corte a través de éste (Figura 2), se hallará una sucesión de capas horizontales; un corte así se llama *perfil* y los estratos horizontales, *horizontes o capas*, que son diferenciados de acuerdo a su color, textura, humedad, dureza, etc.



**Figura 2:** Esquema y fotografía de un perfil de suelo.

Tomado de: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/10/02/102439>

La formación y evolución del suelo, por influencia de los factores ecológicos, conducen a la diferenciación de estos estratos o capas sucesivas, que se extienden más o menos paralelas a la superficie y que muestran diferencias en sus características (estructura, color, consistencia, etc.).

El *perfil de suelo*, por tanto, se conceptualiza como “el conjunto de horizontes existentes en el suelo al hacer un corte transversal al mismo y se constituye en la unidad básica para el estudio de los suelos.”

## 1.3 Los Horizontes del Suelo

El sustrato geológico, llamado también material de origen, roca madre o material parental, al descomponerse suministra los elementos minerales del perfil, mientras que la vegetación da lugar a la materia orgánica; los factores climáticos y biológicos provocan una transformación y una mezcla más o menos completa de estos elementos; y, por otra parte, ciertas sustancias pueden desplazarse de un horizonte a otro, dando lugar a su acumulación en unos casos o a su eliminación en otros. El conjunto de estos procesos conduce a la diferenciación de horizontes. Los horizontes están tanto más diferenciados cuanto más evolucionado es el perfil del suelo.

### 1.3.1 Designaciones de horizontes y capas del suelo

Los *horizontes genéticos* no son equivalentes a los *horizontes de diagnóstico* de la Taxonomía de Suelos. Las designaciones de los horizontes genéticos expresan un juicio cualitativo del tipo de cambios que se cree que tomaron lugar en el suelo; mientras que los horizontes de diagnóstico están definidos cuantitativamente por las características usadas para diferenciar a las taxa. Un horizonte de diagnóstico puede involucrar a varios horizontes genéticos, y los cambios expresados por la designación de los horizontes genéticos no pueden ser suficientes para justificar el reconocimiento de diferentes horizontes de diagnóstico.

A los horizontes genéticos del suelo, se les designa por medio de letras que tienen, a su vez, subdivisiones que corresponden a características específicas en cada uno de los horizontes o capas.

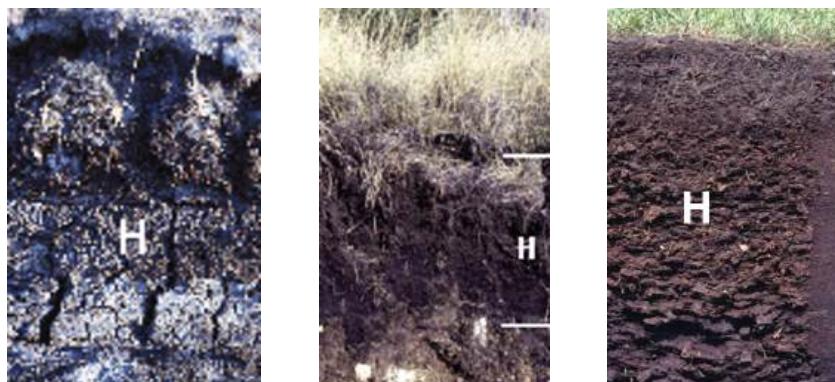
La Guía para la Descripción de Suelos (4<sup>a</sup> Edición, 2009) de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Soil Survey Staff del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales (USDA), en sus Claves para la Taxonomía de Suelos (11<sup>a</sup> Edición, 2010), reconocen los siguientes horizontes genéticos o capas del suelo:

- **Horizontes o capas H**

Son estratos o capas dominadas por material orgánico formado a partir de acumulaciones de material orgánico no descompuesto o parcialmente descompuesto en la superficie del suelo que puede estar bajo agua.

Todos los horizontes H están saturados con agua por períodos prolongados, o estuvieron saturados alguna vez, pero ahora tienen drenaje artificial. Un horizonte H se puede encontrar encima de suelos minerales o a alguna profundidad de la superficie del suelo, si este fuese un horizonte enterrado<sup>5</sup>.

Es el horizonte de las turbas. En el país se los identifica en las depresiones y cubetas que forman los grandes pantanos de la llanura amazónica.



**Figura 3:** Horizontes y capas H.

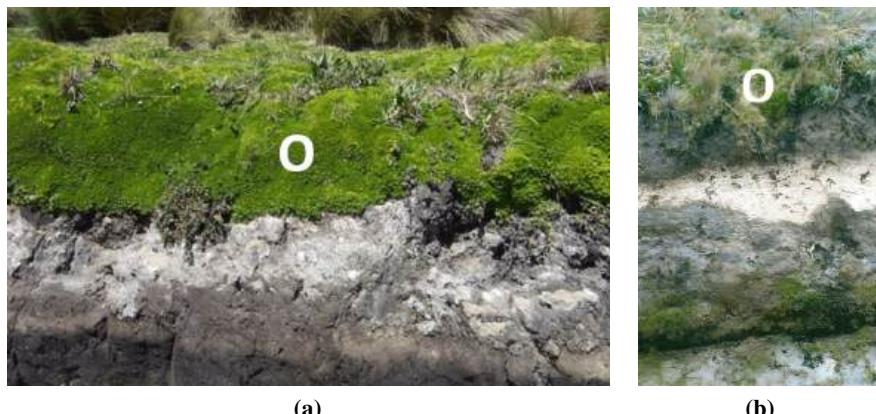
Tomado de: <http://www.edafologia.net/introeda/tema01/perfil2.htm> y  
[http://www.edafologia.net/programas\\_suelos/practclas/abcsol/comun/horprinc.htm](http://www.edafologia.net/programas_suelos/practclas/abcsol/comun/horprinc.htm)

- **Horizontes o capas O**

Son capas dominadas por material orgánico. Algunas están saturadas con agua durante largos períodos o estuvieron saturadas, pero ahora están artificialmente drenadas; otras nunca han estado saturadas.

Algunas capas O están constituidas por hojarasca (piso forestal) no descompuesto o parcialmente descompuesto (tales como hojas, ramas pequeñas, musgos y líquenes), que han sido depositados en la superficie. Pueden estar sobre suelos minerales u orgánicos. Otras capas O consisten de materiales orgánicos que fueron depositados bajo condiciones de saturación y tienen diferentes etapas de descomposición. La fracción mineral de tales materiales constituye sólo un pequeño porcentaje del volumen del material y generalmente es mucho menos de la mitad del peso. Algunos suelos consisten enteramente de material designado como horizontes o capas O. En el país se los identifica en las depresiones o concavidades altoandinas (páramos fríos y húmedos).

<sup>5</sup>Horizonte enterrado (suelo enterrado): si existe un manto superior de nuevo material que tiene un espesor de 50 cm o más.



**Figura 4:** Horizontes o capas O.

- a) Vertiente alta andina (3600 msnm), Reserva Ecológica Antisana, La Mica, Provincia de Pichincha
- b) Sierra alta andina (4000 msnm), Parque Nacional Cayambe-Coca, Provincia de Pichincha

#### • Capas L

Son horizontes o capas que incluyen tanto a materiales límnicos<sup>6</sup> minerales y orgánicos que fueron: (1) depositados en agua por precipitación o a través de la acción de organismos acuáticos, tales como algas y diatomeas, o (2) derivados de plantas acuáticas submarinas o flotantes y subsecuentemente modificadas por animales acuáticos.

Las capas L incluyen a las tierras coprogénicas (turbas sedimentarias), a las tierras de diatomeas y a las margas. Se presentan sólo en los Histosoles. En el país, las capas L no han sido identificadas.

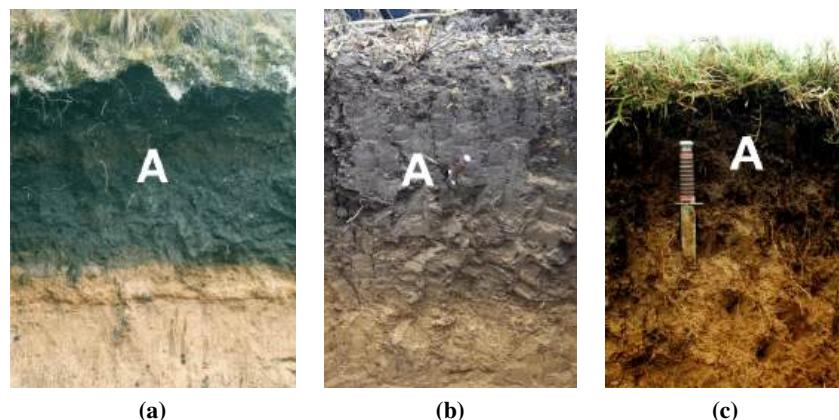
#### • Horizontes A

Son horizontes minerales que han sido formados en la superficie o abajo de un horizonte O, que exhiben la eliminación de toda o gran parte de la estructura original de la roca y muestran una o ambas de las siguientes: (1) una acumulación de materia orgánica humificada íntimamente mezclada con la fracción mineral y no dominados por propiedades características de los horizontes E o B (definidos posteriormente); ó, (2) propiedades resultantes de su cultivo, de pastoreo o por tipos de disturbios similares; ó, (3) una morfología que es diferente del horizonte B o C subyacente, resultado de los procesos relacionados con la superficie.

Contienen mayor porcentaje de materia orgánica (transformada) que los horizontes situados debajo. Típicamente de color gris oscuro, más o menos negro, pero cuando contiene poca materia orgánica (suelos cultivados) puede ser claro. Con estructura migajosa y granular.

En algunos lugares, como en climas áridos calientes, el horizonte superficial no disturbado es menos oscuro que el horizonte adyacente inferior y contiene sólo pequeñas cantidades de materia orgánica; tiene una morfología diferente de la capa C, aunque la fracción mineral no esté alterada o sólo ligeramente alterada por el intemperismo. Tal horizonte se designa como A porque está en la superficie; sin embargo, los depósitos aluviales o eólicos recientes que mantienen una estratificación fina no son considerados como horizontes A, a menos que estén cultivados. En el país, los horizontes A tienen una amplia distribución geográfica y se los identifica en la mayoría de los suelos continentales e insulares.

<sup>6</sup>Límnico: Lacustre, Pertenece a lagos o lagunas. Limo. Arcilla muy fina.



**Figura 5:** Horizontes A.

- a) Sierra alta andina, húmeda y muy fría (3800 msnm), Parque Nacional Cayambe-Coca, provincia de Pichincha
- b) Relieves bajos costeros, cálidos y secos, sector Pedro Carbo, provincia del Guayas (100 msnm)
- c) Relieves subandinos, cálidos y húmedos de la amazonía (1200 msnm), sector Cosanga, provincia de Napo

#### • Horizontes E

Son horizontes minerales, en los que el principal rasgo es la pérdida de arcilla silicatada, hierro o aluminio o alguna combinación de éstos, permaneciendo una concentración de partículas de arena y limo. Estos horizontes exhiben una eliminación de toda o la mayor parte de la estructura original de la roca.

Es un horizonte de fuerte lavado<sup>7</sup>. Típicamente situado entre un A y un B. Con menos arcilla y óxidos de hierro y aluminio que el horizonte A y el horizonte B. Con menos materia orgánica que el A. Muy arenosos y de colores muy claros. Estructura de muy bajo grado de desarrollo (la laminar es típica de este horizonte).

Un horizonte E se diferencia comúnmente del horizonte A suprayacente por su color más claro. Generalmente contiene menos materia orgánica que el horizonte A.

Un horizonte E usualmente se diferencia de un horizonte B subyacente en el mismo sequum<sup>8</sup> porque el color del value<sup>9</sup> es más alto o del chroma<sup>10</sup> más bajo, o ambos, por la textura más gruesa, o por una combinación de esas propiedades.

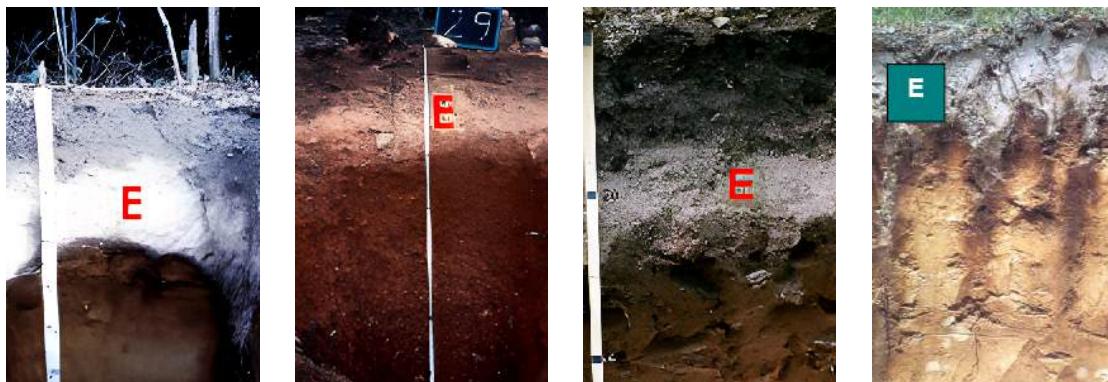
En algunos suelos, el color del horizonte E se debe a las partículas de arena y limo, pero en muchos suelos, los revestimientos de óxidos de hierro y otros compuestos enmascaran el color de las partículas primarias. En el país se los identifica en relieves antiguos de la región surandina y costera central, aunque con características no muy bien definidas como los define el concepto.

<sup>7</sup>Lavado: migración mecánica de pequeñas partículas minerales del horizonte A al B de un suelo, produciendo en los horizontes B un enriquecimiento relativo de arcilla (horizontes argílicos).

<sup>8</sup>Sequum: horizonte B en conjunto con cualquier horizonte aluvial superior. Un sequum se considera como el producto de una combinación específica de procesos de formación de suelos

<sup>9</sup>Value: intensidad o brillantez. Mide el grado de oscuridad o luminosidad del color y se relaciona con la cantidad total de luz reflejada.

<sup>10</sup>Chroma (pureza): representa la pureza relativa o la fuerza del color espectral o pureza misma del color.

**Figura 6:** Horizontes E.Tomado de: <http://www.edafologia.net/introeda/tema01/perfil2.htm>

### • Horizontes B

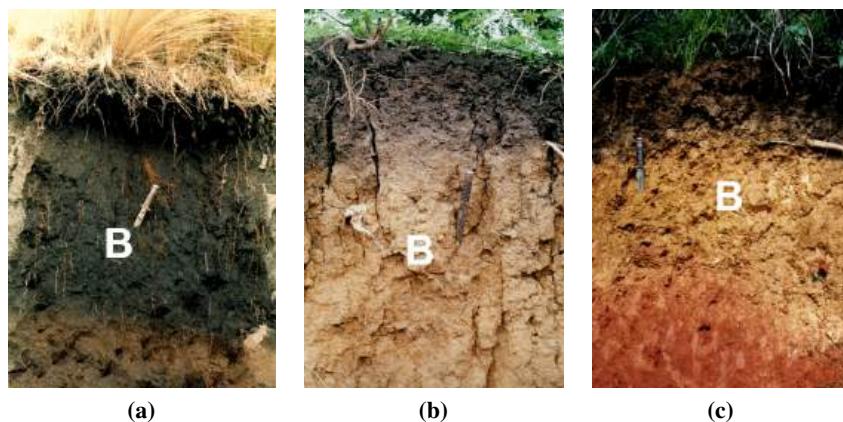
Son horizontes que se han formado debajo de un horizonte A, E, H u O y están dominados por la destrucción de toda o la mayor parte de la estructura original de la roca y muestran una o más de las siguientes características:

- Concentración iluvial de arcilla silicatada, hierro, aluminio, humus, carbonatos, yeso o sílice, solos o en combinación;
- Evidencias de remoción o adición de carbonatos;
- Una concentración residual de sesquióxidos relativos a los materiales de partida;
- Una alteración de los materiales a partir de su estado originario por la que se forman arcillas silicatadas, se liberan los óxidos o se forma una estructura granular, en bloques o prismática;
- Fragilidad.

Es un horizonte de enriquecimiento en arcilla (iluvial o in situ), óxidos de Fe y Al (iluviales o in situ) o de materia orgánica (sólo si es de origen iluvial; no in situ), o también por enriquecimiento residual por lavado de los carbonatos (si estaban presentes en la roca). De colores pardos y rojos, de chromas (cantidad de color) más intensos o hue<sup>11</sup> (tonalidad del color) más rojo que el material original = horizonte C). Con desarrollo de estructura edáfica (típicamente en bloques angulares, subangulares, prismática).

Se incluyen como horizontes B, a capas contiguas a otros horizontes genéticos que tienen concentración iluvial de carbonatos, yeso o sílice que son el resultado de procesos pedogenéticos (y pueden o no estar cementadas) y capas quebradizas que muestran otras evidencias de alteración, tal como estructura prismática o acumulación iluvial de arcilla. En el país, los horizontes B tienen una amplia distribución geográfica y se los identifica en gran parte de los suelos continentales e insulares.

<sup>11</sup>Hue (matiz): color espectral dominante y se relaciona con la longitud de onda de la luz.



**Figura 7: Horizontes B.**

- a) Vertiente alta andina (3600 msnm), sector Saraucca-Zumbagua, provincia de Cotopaxi
- b) Relieves costeros sedimentarios bajo clima seco y cálido (500 msnm), Pedro Pablo Gómez, provincia de Manabí
- c) Relieves subandinos de la amazonía subcálida y húmeda (1000 msnm), sector Yacuambi, provincia de Zamora Chinchipe

#### • Horizontes o capas C

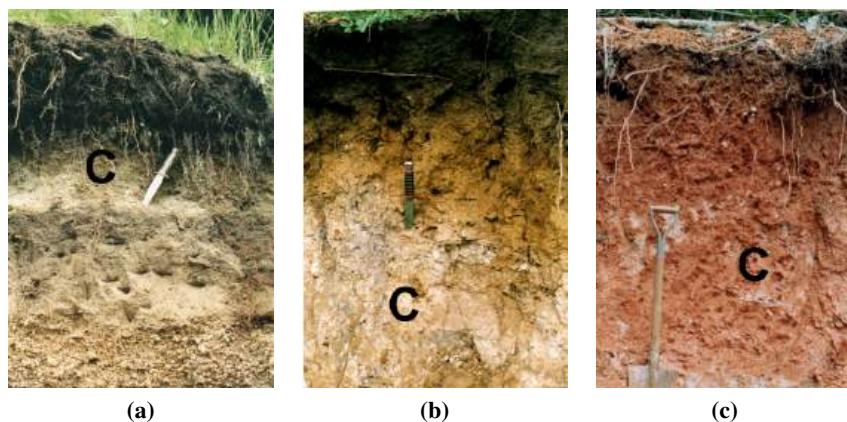
Son horizontes o capas, excluyendo a la roca dura, que están poco afectados por procesos pedogenéticos y carecen de las propiedades de los horizontes O, A, E, o B. La mayoría son capas minerales. El material de las capas C puede ser o no común al material que presumiblemente ha dado origen al solum. Un horizonte C puede haber sido modificado aunque no exista evidencia de pedogénesis.

Material original sin desarrollo de estructura edáfica, ni rasgos edáficos. Blando, suelto. Puede estar meteorizado pero nunca edafizado.

Se incluyen como capas C a sedimentos, saprofita<sup>12</sup>, lechos rocosos y otros materiales geológicos que no están moderadamente cementados o menos cementados. La dificultad de excavación en estos materiales es baja o moderada. En suelos formados a partir de materiales muy intemperizados, si tales materiales no cumplen con los requisitos de un horizonte A, E o B se les designa como C.

Los cambios que no se consideran pedogenéticos son aquellos que no se relacionan con horizontes suprayacentes. Algunas capas que tienen acumulaciones de sílice, carbonatos o yeso o sales más solubles se incluyen en los horizontes C, aún cuando estén endurecidos. Sin embargo, si una capa cementada está formada por procesos pedogenéticos, se le considera como un horizonte B.

<sup>12</sup>Saprofita: materiales orgánicos descompuestos.



**Figura 8:** Horizontes o capas C.

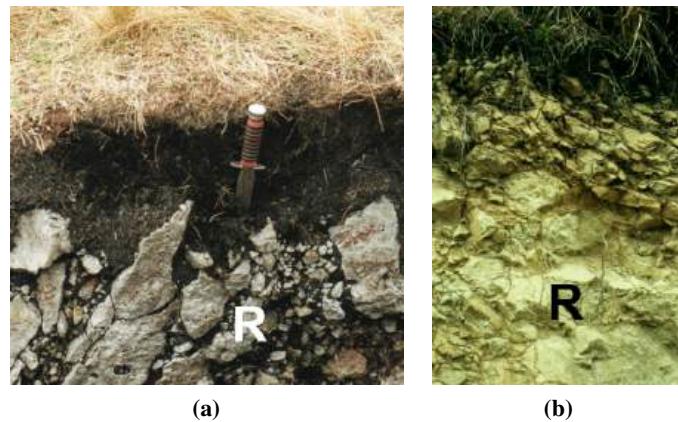
- a) Vertientes altas andinas, frías y húmedas (3000 msnm), sector Minitrack, provincia de Cotopaxi
- b) Relieves costeros colinados, secos y cálidos (500-600 msnm), Chongón-Colonche, provincia del Guayas
- c) Relieves colinados sedimentarios de la amazonía cálida y húmeda (300 msnm), Bloque 16, Pozo Iro, provincia de Orellana

#### • Capas R

Lecho rocoso fuertemente cementado o endurecido.

El granito, basalto, cuarcita, caliza o arenisca son ejemplos de lechos rocosos designados con la letra R. Su dificultad de excavación comúnmente excede a la categoría alta. La capa R es muy coherente cuando está húmeda para hacer impráctica su excavación con la pala, aunque puede ser desmenuzada o raspada. Algunas capas R se pueden desmoronar con equipo pesado. La roca madre puede tener grietas, pero éstas son generalmente tan pocas y tan pequeñas que no permiten penetrar a las raíces. Las grietas pueden estar recubiertas o llenas con arcilla u otro material.

Los materiales graviscosos y pedregosos que permiten el desarrollo de las raíces se consideran como horizontes C.



**Figura 9:** Capas R.

- a) Roca volcánica, sierra alta andina sur (3750 msnm), Loma Aguarongo, provincia del Azuay
- b) Roca sedimentaria (arenisca), relieves costeros, sector Same (5 msnm), provincia de Esmeraldas

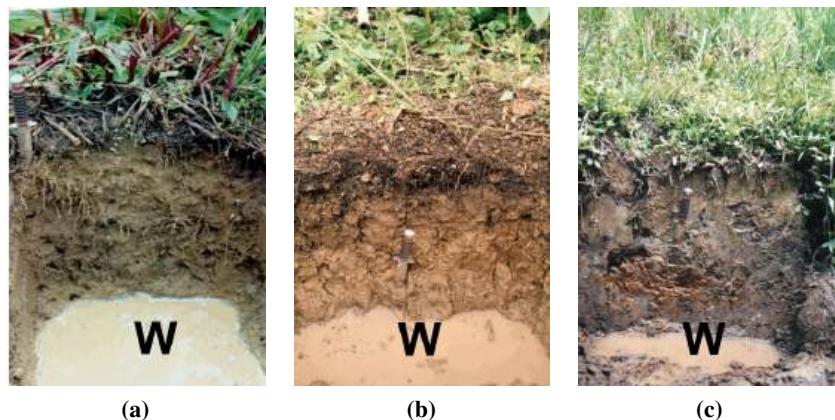
### • Capas M

Son capas del subsuelo limitantes para el crecimiento de raíces, que consisten de materiales casi continuos, con orientación horizontal y de manufacturación humana.

Ejemplos de materiales designados con la letra M son los geotextiles, asfalto, concreto, hule y plástico.

### • Capas W: agua

Este símbolo indica capas de agua dentro o abajo del suelo. A la capa de agua se le designa como Wf, si está permanentemente congelada y como W si no lo está. La designación W (ó Wf) no se utiliza en aguas someras, hielo o nieve que están encima de la superficie del suelo. En el país se las identifica en las depresiones y concavidades de los relieves aluviales costeros, andinos o amazónicos.



**Figura 10:** Capas W.

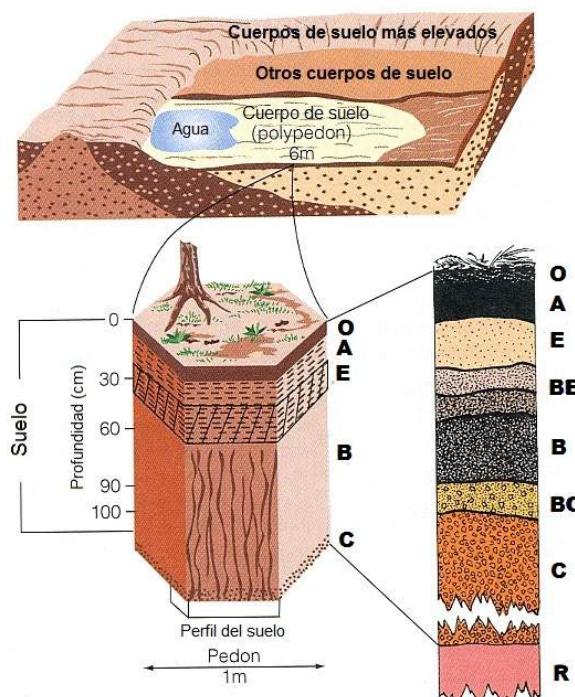
- a) Depresiones del cono de esparcimiento antiguo, río Yukipa (300 msnm), provincia de Morona Santiago
- b) Depresiones de la llanura aluvial reciente, La Mayronga (100-150 msnm), provincia de Pichincha
- c) Depresiones del cono de esparcimiento antiguo, Chupianza (700-800 msnm), provincia de Zamora Chinchipe

### • Capas I

Son cristales y cuñas de hielo que contienen al menos 75 % de hielo (por volumen) y que separan distintivamente las capas orgánicas o minerales en el suelo.

El hielo va y viene en suelos afectados por permafrost<sup>13</sup>. Los cuerpos de hielo en el suelo pueden crecer a tal punto que forman cristales de cuñas que separan capas de suelos completas. En el caso en que las concentraciones de hielo ocurran dentro de la profundidad de descripción del suelo, se pueden designar como una capa I. En el país, las capas I no son identificadas.

<sup>13</sup>Permafrost: capa del suelo en la cual la temperatura está permanentemente debajo de los 0°C.



**Figura 11:** Perfil de suelo ideal y su disposición en el paisaje.  
Tomado de: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/10/02/102439>

## 1.4 Factores de Formación del Suelo

Dokuchaev consideró al suelo como una creación natural al mismo título que un animal, un vegetal o una roca". Esta creación natural, dice este autor, proviene de la acción acumulativa de cinco factores: la roca madre (m), el clima (cl), el relieve (r), los organismos -vegetales y animales- (o) y el tiempo o edad (t), y lo representa mediante la siguiente ecuación:

$$S = f(m, cl, r, t, o)$$

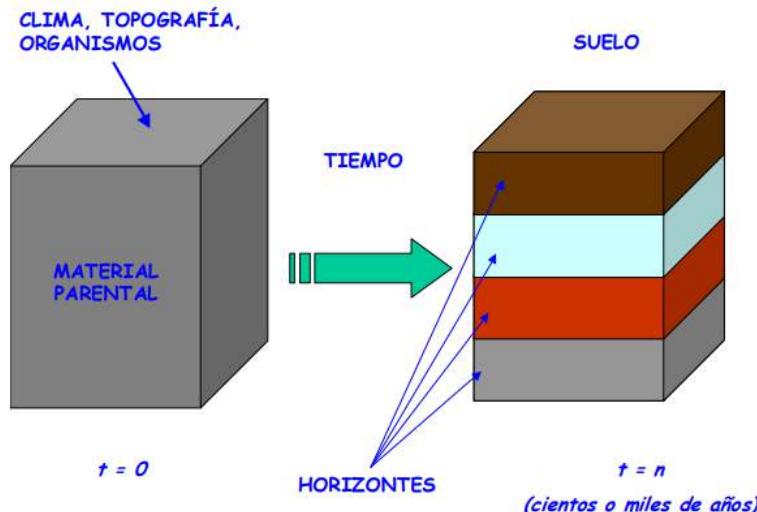
De este principio, nace una definición<sup>14</sup> mucho más amplia en relación al suelo:

*"El suelo es el material mineral no consolidado sobre la superficie de la tierra, que ha estado sujeto e influenciado por factores genéticos y del medio ambiente, como son: el material madre, el clima, los macro y micro-organismos y la topografía; todos ellos actúan en un período de tiempo, originando un producto -el suelo- que difiere del material del cual es derivado en muchas propiedades y características, físicas, químicas, biológicas y morfológicas".*

<sup>14</sup>Aceptada por la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo.



**Figura 12:** Factores que intervienen en la formación de los suelos.



**Figura 13:** Efecto de los factores de formación de suelos en la génesis de los horizontes.

Tomado de: El Suelo: Un Sistema Vivo. Juan P. Fuentes E., Fac. de Ciencias Forestales, U. de Chile, pág. 22 ([infoambiental.org/jdownloads/Guías/Gua\\_1\\_para\\_profesores\\_La\\_formación\\_del\\_suelo\\_-Proyecto\\_EXPLORA-CONICYT\\_-2005.pdf](http://infoambiental.org/jdownloads/Guías/Gua_1_para_profesores_La_formación_del_suelo_-Proyecto_EXPLORA-CONICYT_-2005.pdf))

Se han realizado numerosos intentos para demostrar que algunos factores son más importantes que otros y, por lo tanto, juegan un mayor papel en la formación de los suelos; sin embargo, no hay resultados claros, ya que cada factor tiene una importancia esencial y ninguno puede ser considerado más importante que otro, si bien localmente un factor determinado puede llegar a ejercer una influencia particularmente fuerte.

A continuación, se describe cada uno de ellos:

### 1.4.1 La roca madre o material litológico (m)

Es el material original de donde se desarrolla el suelo y puede ser de naturaleza mineral (rocas metamórficas, sedimentarias, volcánicas, etc.) u orgánica (residuos vegetales). La roca madre se altera por la acción de los factores ambientales y en su formación se desarrollan una serie de procesos que transforman el material original hasta darle una morfología y propiedades propias.

La naturaleza litológica del sustrato original condiciona y se pone de manifiesto en las propiedades químicas y físicas del suelo (acidez, riqueza en nutrientes, color, permeabilidad, consistencia, textura, etc.). Las rocas que contengan abundantes minerales inestables evolucionarán fácil y rápidamente para formar suelos, mientras que aquellas otras, como las arenas maduras, que sólo contienen minerales muy estables, como el cuarzo, apenas si llegan a edafizarse aunque estén expuestas durante largo tiempo a la meteorización<sup>15</sup>. La roca regula la penetración y circulación del aire y del agua, lo que va a condicionar de un modo decisivo la fragmentación, alteración y translocación de los materiales. En general, cuando el resto de condiciones permanecen iguales, existe una estrecha relación entre el tipo de suelo y las características de la roca madre.

En el Ecuador, se identifican los siguientes materiales litológicos a partir de los cuales se originan los suelos:

- **Cenizas volcánicas**

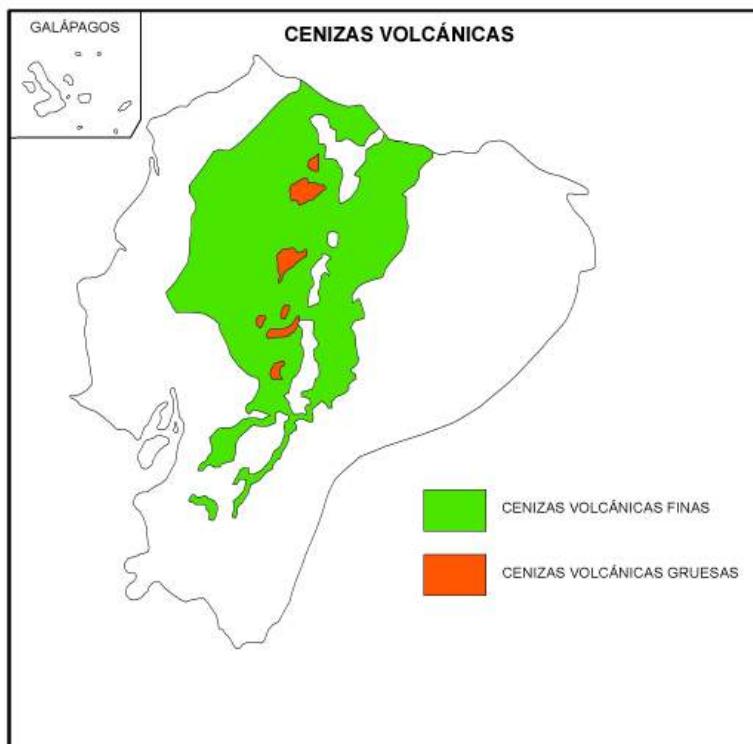
Constituyen partículas finas de lava arrojadas por un volcán en erupción. Estas son lanzadas a grandes alturas y transportadas por el viento a grandes distancias (cenizas finas) ó a las áreas adyacentes al centro de emisión (cenizas gruesas).

Una gran superficie del territorio nacional, que comprende la parte norte y central de la región interandina, la parte nor-occidental de la región amazónica y la parte nor-oriental de la región costera (Figura 14), presenta un recubrimiento generalizado de una capa de cenizas volcánicas, las cuales se constituyen en el material de origen de los suelos.

Estas cenizas, en general de edad reciente, pues provienen del volcanismo activo del Cuaternario; definen diferencias en los suelos, debido a diferencias entre tipos de cenizas, considerando su edad, tamaño y permeabilidad, e imprimen ciertos caracteres a los suelos y los diversifican, a lo largo de una amplia gama de condiciones climáticas, desde los sectores más altos, fríos y húmedos de la cordillera andina hasta los sectores bajos, cálidos y húmedos de las tierras bajas costeras y amazónicas.

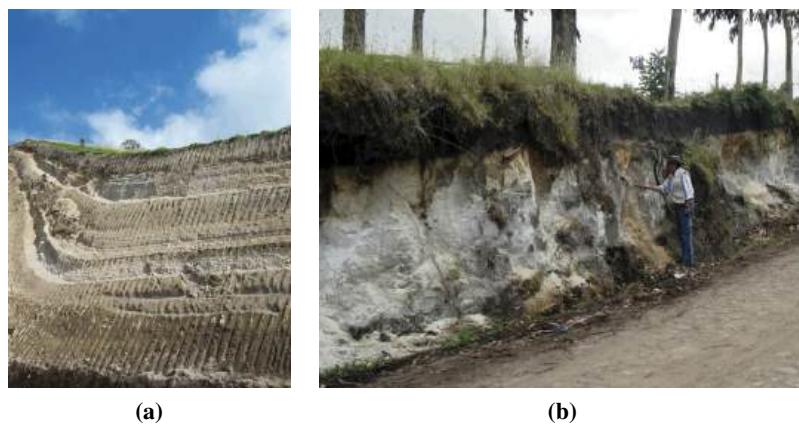
Las cenizas volcánicas dan origen a los suelos denominados en el país como “*alofánicos*”. Los productos de su descomposición, los minerales de arcilla amorfos (alofanas), imprimen al suelo características muy típicas y forman complejos con la materia orgánica, lo que en las regiones de altura da al suelo un color negro o muy oscuro tan característico que originó antiguamente que se les denominó con el nombre de “*suelo negro andino*” (Acosta Solís M.), y que actualmente corresponden a los Andisoles (ando=negro).

<sup>15</sup>Meteorización (Intemperización): constituye la desintegración física o descomposición química de las rocas y los minerales por los agentes naturales que se producen en un ambiente determinado, como agentes de formación del suelo.



**Figura 14:** Distribución de los depósitos de ceniza volcánica.

Fuente: SECS. 1986



**Figura 15:** Depósitos de ceniza volcánica y material piroclástico en la región andina norte.

- a) Vía Quito-Guayllabamba (2100-2200 msnm), provincia de Pichincha
- b) Secuencia de pómez (espesor 1.70m), sector Julio Andrade, provincia de Carchi

#### • Materiales sedimentarios antiguos

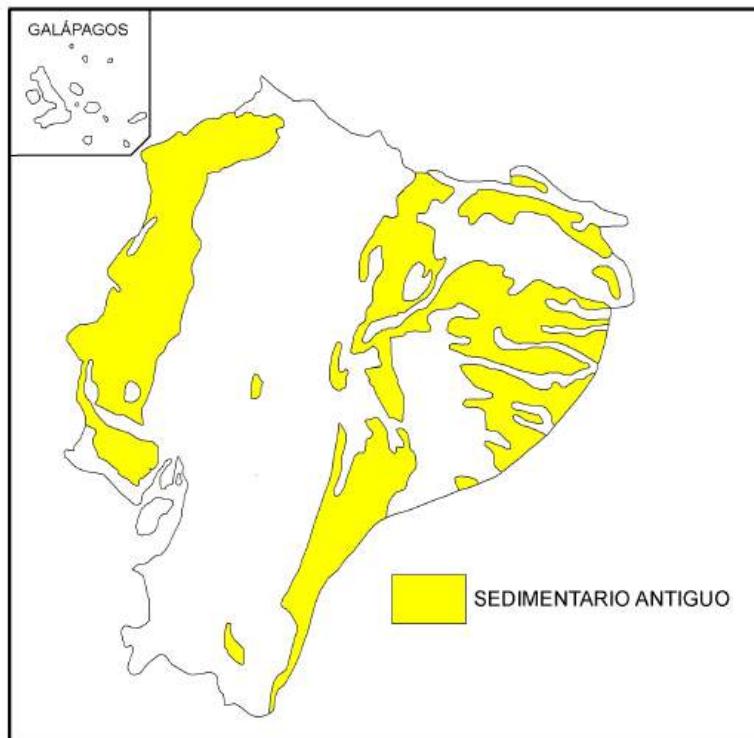
Constituyen aquellos formados por la depositación sucesiva de capas de materiales que han sido transportados por agua, viento o gravedad, en etapas anteriores al período Cuaternario. Casi siempre están dispuestos en capas superpuestas o estratos.

En la región Costera, estos materiales están constituidos por una alternancia de areniscas, conglomerados, arenas, limolitas, lutitas y arcillas, resultado de ciclos transgresivos y regresivos discordantes, y han dado origen a relieve de cordilleras, colinas, mesas y cuestas.

En la Región Amazónica, por su parte, estos materiales están constituidos por conglomerados, areniscas, calizas, grauwacas, arcillas; y se hallan conformando los relieves colinados ubicados en la cuenca amazónica.

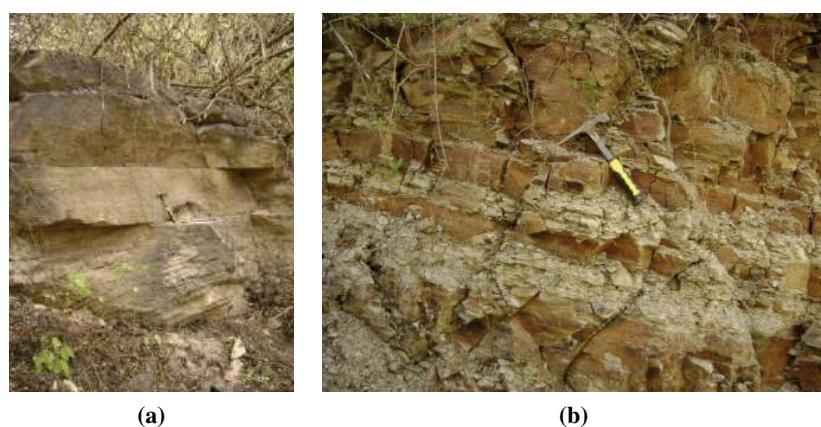
Los materiales sedimentarios antiguos, de manera general, han dado lugar a la formación de suelos con predominio de texturas finas, arcillosas o franco arcillosas.

REF. Figura 16. Distribución de material de origen sedimentario antiguo.



**Figura 16:** Distribución del material sedimentario antiguo.

Fuente: SECS 1986



**Figura 17:** Material sedimentario antiguo.

- a) Calizas, vía Manta-Portoviejo (20-50 msnm), provincia de Manabí
- b) Lutitas, El Aromo (200-300 msnm), provincia de Manabí

**• Rocas ígneas**

Constituyen rocas derivadas del material mineral en estado líquido (magma), que se enfriá o cristaliza. Pueden ser:

- a) *Intrusivas*: aquellas que se cristalizan bajo tierra en un proceso muy lento. Entre éstas se tienen los granitos, dioritas, gabros, y que están aflorando en varios sectores de la cordillera andina -oriental y occidental- y se los denomina “intrusivos”.
- b) *Extrusivas*: magma que sale del volcán y entra en un ambiente frío con un proceso de enfriamiento muy rápido, formándose miles de centros de cristalización por lo que los cristales son demasiado finos y quedan mal formados. Entre éstas se citan la riolita, andesita, basalto, que se encuentran en la cordillera andina.

**• Rocas metamórficas**

Constituyen materiales que tienen su origen en la transformación de rocas preexistentes tales como las ígneas, sedimentarias o metamórficas.

Las rocas metamórficas comprenden los gneiss, esquistos, pizarras, filitas, cuarcitas; y están constituyendo en gran medida la estructura de la Cordillera Oriental y han dado origen a los suelos, principalmente en la parte sur de la región andina.



(a)



(b)



(c)

- Figura 18:** a) Afloramientos de rocas intrusivas (granito), vía Puyo-Tena, provincias de Pastaza y Napo  
 b) Afloramientos de rocas extrusivas, páramos de Quimsacocha (3800 msnm), provincia del Azuay  
 c) Material metamórfico: esquistos meteorizados, sector San Pablo, vía Paute-Mazar (2000-2200 msnm), provincia del Azuay

- **Materiales aluviales**

Constituyen sedimentos que han sido transportados y depositados por el flujo del agua, ya sea por pequeñas corrientes superficiales o por ríos caudalosos. Estos sedimentos presentan una granulometría heterogénea que puede variar de gruesa a fina: cantos rodados, gravas, arenas, limos, arcillas.



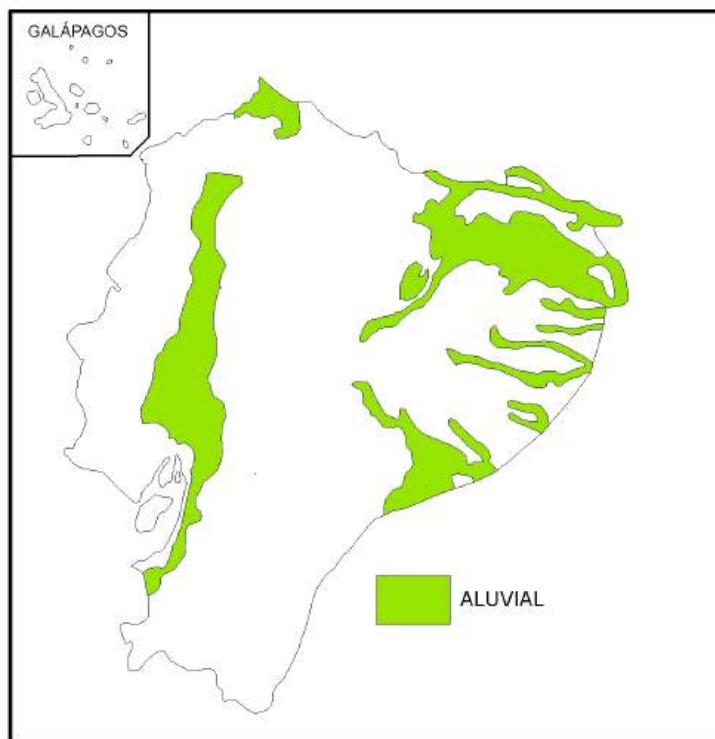
**Figura 19:** Depósitos de materiales aluviales de variada granulometría que forman las terrazas bajas recientes.

Este material está situado en las superficies de relieves suaves y planos adyacentes a los ríos y puede estar sujeto a inundaciones periódicas (llanuras de inundación) o también conforma los depósitos más viejos que fueron depositados por los ríos y ya no están sujetos a inundación (valles y terrazas aluviales).

Como llanuras aluviales de mayor importancia en el país se identifican:

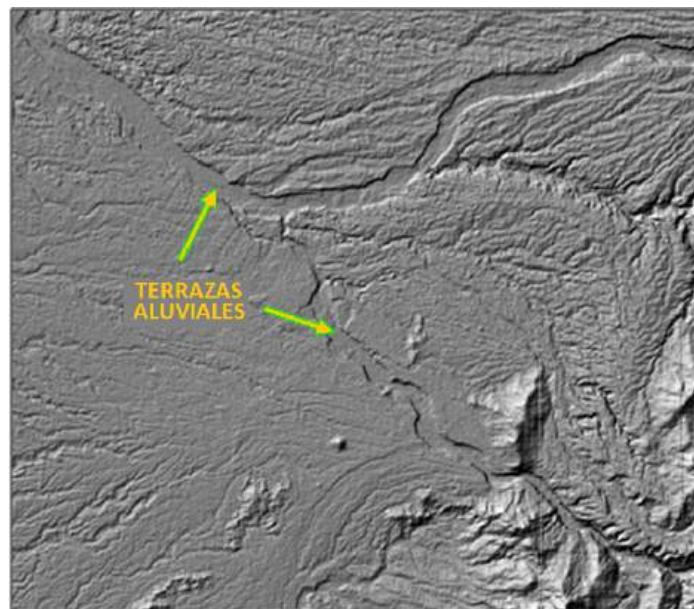
- En la región costera: una llanura de deposición antigua que ocupa la parte norte y norcentral, la misma que se caracteriza por su topografía disectada y cuyo modelado resulta de la yuxtaposición de numerosas fajas de superficies planas a ligeramente onduladas separadas por gargantas estrechas poco profundas. Estas planicies se desarrollan sobre sedimentos detriticos (arenas, areniscas, conglomerados) con muchos elementos volcánicos provenientes de la sierra andina. (Winckell, A. en CEDIG 1982).  
En la parte sur, se presenta una llanura baja reciente con una topografía totalmente plana. Está parcialmente inundada en la estación lluviosa por grandes ríos meandríticos que elaboran formas características: niveles escalonados, diques aluviales, meandros abandonados, hoyos de decantación y desborde, etc. Se trata de una gran cuenca de subsidencia reciente rellenada por sedimentos finos. (Winckell, A. en CEDIG 1982).
- En la región amazónica se identifican llanuras aluviales recientes –de divagación y esparcimiento– formadas por la red fluvial, en la parte norte por aportes del río Aguarico y en la parte central por aportes del río Pastaza. Estas llanuras están formadas por material arenoso de origen volcánico. (Winckell, A. en CEDIG 1982).

REF. Figura 20. Distribución de material aluvial.



**Figura 20:** Distribución de material aluvial.

Fuente: SECS 1986



**Figura 21:** Terrazas formadas por materiales aluviales en la zona costera central.  
(Vista de imagen radar de la llanura de deposición costera en la provincia del Guayas)



**Figura 22:** Depósitos de materiales aluviales en terrazas bajas.  
a) Región costera: río Quevedo, provincia de Los Ríos  
b) Región Amazónica: terraza baja reciente, río Napo, sector Tiputini, provincia de Orellana (200 msnm)

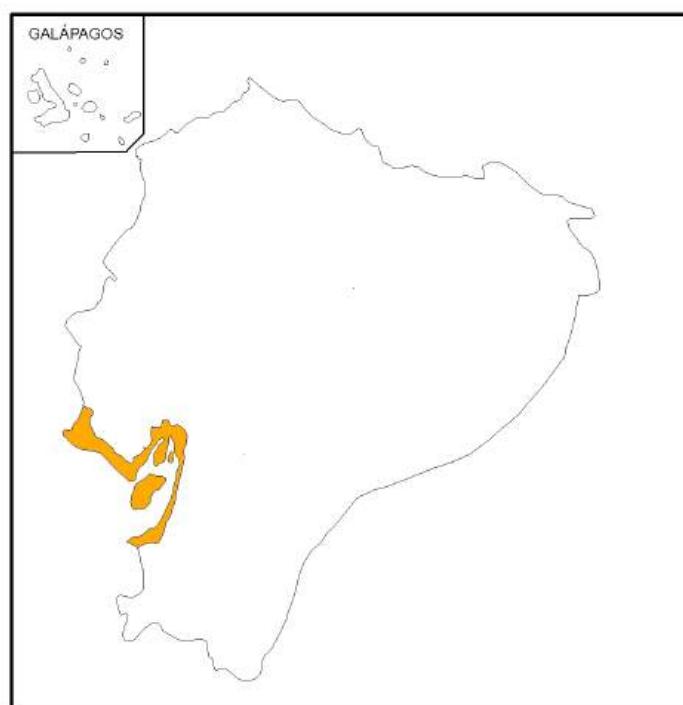
- **Materiales sedimentarios marinos**

Son acumulaciones de sedimentos en ambiente oceánico.

Están constituidos por limos y arcillas que forman las áreas de manglares y salitrales paralelos al perfil costero y cuyas superficies más significativas se ubican en el estuario del río Guayas.

En las provincias de Santa Elena y Manabí, los sedimentos marinos están constituidos por arenas y areniscas conchíferas que debido al levantamiento de la costa han quedado expuestos formando mesas y relieves tabulares (terrazas marinas, tablazos, playas antiguas levantadas y escalonadas) que se encuentran más alejados de las costas actuales, mientras que los depósitos más recientes están constituidos por arenas y se hallan formando llanuras y planicies ligeramente onduladas más próximas a las costas.

REF: Figura 23. Distribución de materiales de origen marino.



**Figura 23:** Distribución de material sedimentario marino.



**Figura 24:** Material sedimentario marino.

Areniscas de grano fino (Fm Tablazo), sector río Manta (20-50 msnm), provincia de Manabí



**Figura 25:** Superficies con depósitos marinos en el estuario del río Guayas.  
Provincia del Guayas

#### • Materiales coluviales

Son materiales transportados por gravedad. Constituyen residuos del suelo al pie de una pendiente, movilizados por el efecto de la gravedad. Su textura es heterogénea, sus formas son angulosas y subangulares y su disposición es anárquica (conglomerados).

Se encuentran en la base de las pendientes y es notable donde la topografía es montañosa, en donde los deslizamientos masivos son comunes. Los suelos formados sobre estos materiales son normalmente gravosos dentro de todo su perfil.



**Figura 26:** Depósito coluvial.  
Carretera Manta–Portoviejo (20-50 msnm). Provincia de Manabí.



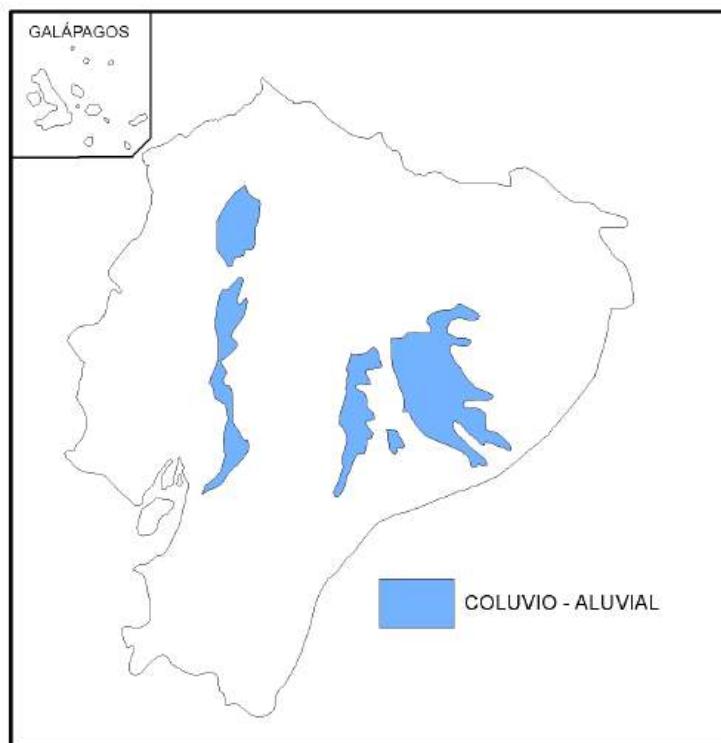
**Figura 27:** (a) Material coluvial sobre lutitas. Vía Manta-El Aromo (20-50 msnm). Provincia de Manabí; (b) Depósito coluvial. Área del proyecto Mirador (Tundayme-Quimi), 820 msnm. Provincia de Zamora Chinchipe

#### • Depósitos coluvio aluviales

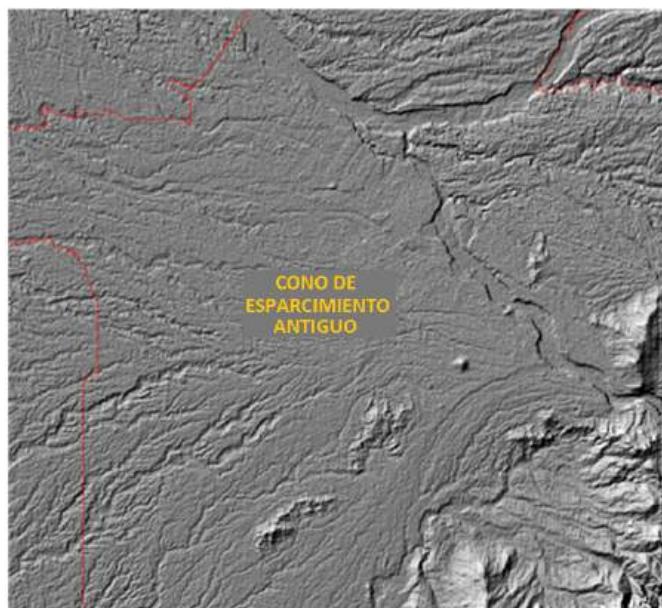
Constituyen bloques, cantos, guijarros y arenas de diferente granulometría que se hallan conformando los conos de deyección y conos de esparcimiento que se ubican de manera generalizada al pie de las estribaciones de la cordillera andina –oriental y occidental- en su límite con las llanuras amazónica y costera, habiendo desarrollado relieves bajos homogéneos de disección variable (piedemonte andino).

Su origen está relacionado con procesos endógenos (volcanismo y sismos) y fenómenos exógenos, especialmente los glaciares, cuya extensión máxima se produjo en el período glacial, sobre los relieves superiores a los 3000 msnm. Estos procesos y/o fenómenos se desarrollaron durante el Plio-pleistoceno, generando aluviones de tipo torrencial, que a su vez descendieron desde las grandes cuencas de recepción, por diversos canales de desague, para luego depositarse en los sectores bajos cubriendo a los materiales más antiguos.

REF: Figura 28. Distribución de materiales coluvio aluviales.



**Figura 28:** Distribución de materiales coluvio-aluviales.



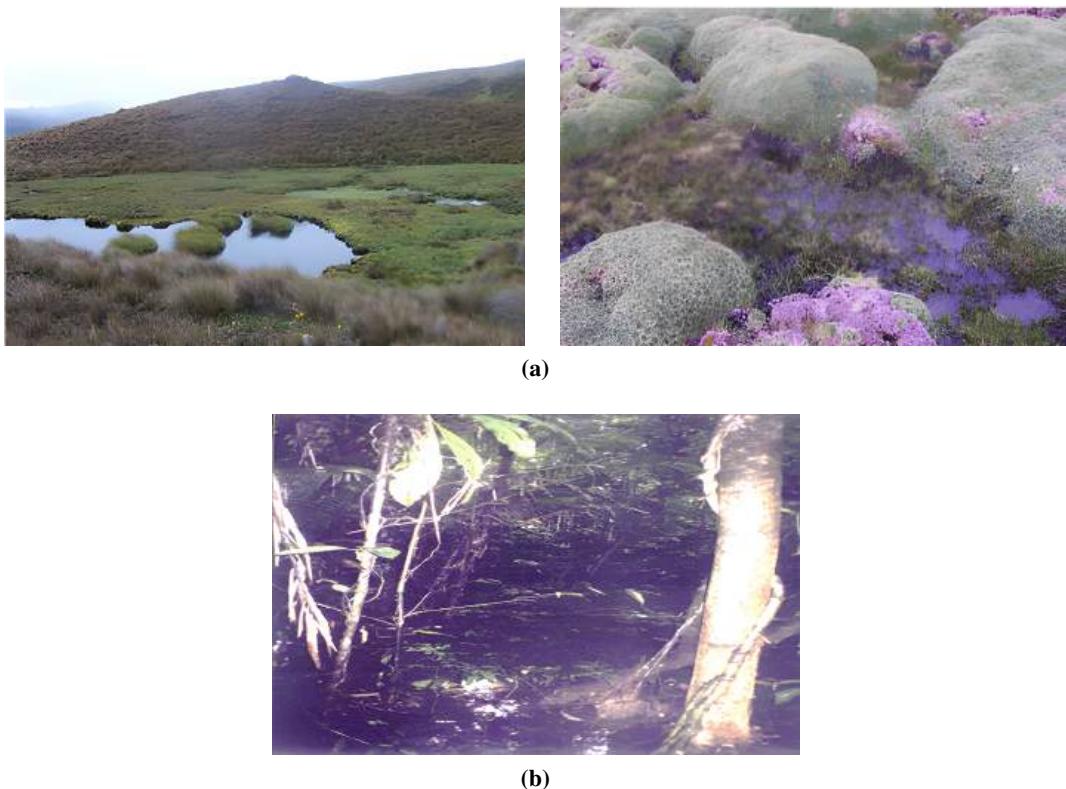
**Figura 29:** Relieves formados por materiales coluvio-aluviales.

Cono de esparcimiento en la región costera central al pie de la Cordillera Occidental de Los Andes, sector oriental de la provincia del Guayas

#### • Materiales orgánicos

Son residuos de plantas preservadas a través del tiempo que se encuentran bajo agua y, por ende, la falta de oxígeno retarda la descomposición de los residuos.

En el país, forman suelos bajo diferentes condiciones ambientales, en ambientes fríos y húmedos (páramos andinos) ó bajo ambientes tropicales –cálido, húmedos- en la baja Amazonía.



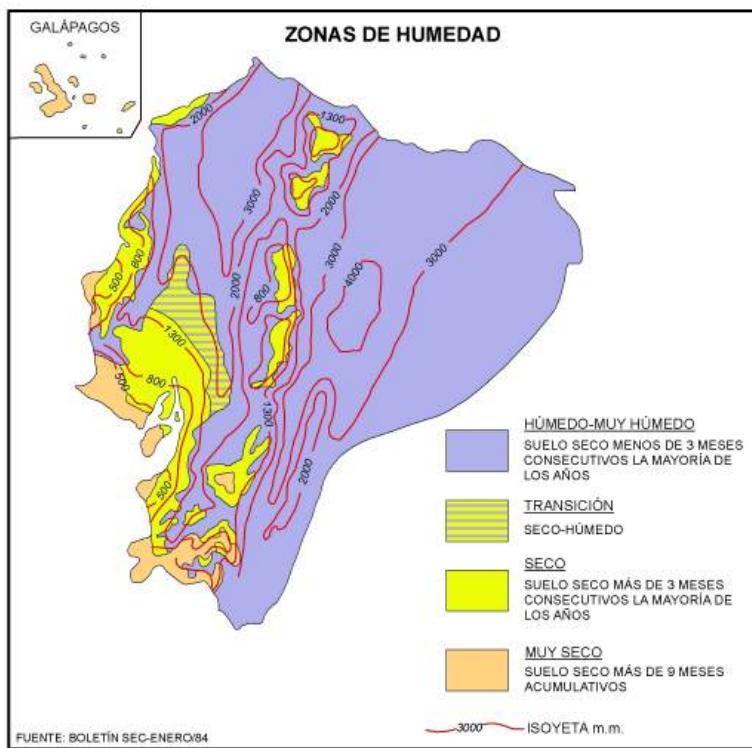
**Figura 30:** (a) Acumulación de material orgánico en turberas de la sierra alta andina. Páramos de San Fernando (Quinuas) en la parte sur-occidental de la Provincia del Azuay (3600 msnm); (b) Acumulaciones de material orgánico en pantanos del trópico húmedo en la Amazonía norte. Parque Nacional Yasuní. Provincia de Orellana (200 msnm)

#### 1.4.2 El clima (cl)

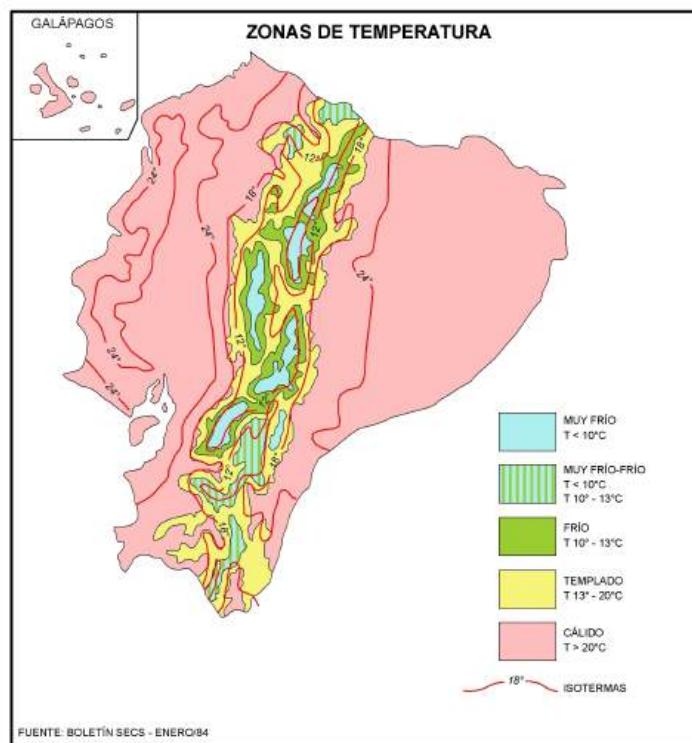
El clima influye directamente sobre la formación de los suelos, a través de la acción de la humedad (precipitación) y la temperatura, y de manera indirecta mediante la vegetación y el relieve. El clima es el principal agente de alteración química del suelo, así como de la fragmentación mecánica de determinados tipos de sustratos. El clima controla los procesos que tienen lugar en el suelo y su intensidad. La disponibilidad y el flujo de agua regulan la velocidad de desarrollo de la mayoría de los procesos edáficos. Muchas propiedades de los suelos presentan determinadas tendencias relacionadas con las características del clima. Así se tiene que incide en el contenido de materia orgánica, en la cantidad, tipo de arcilla y el proceso de intemperización<sup>16</sup>, la reacción del suelo, la lixiviación de las bases, y por ende, en su fertilidad natural.

El Ecuador es un país de alta variación climática. En las Figuras 31 y 32, se puede visualizar la distribución geográfica de las zonas de humedad y de temperatura en el territorio nacional con sus correspondientes isolíneas de precipitación (isoyetas) y de temperatura (isotermas), respectivamente.

<sup>16</sup>Intemperización: ver meteorización<sup>(15)</sup>



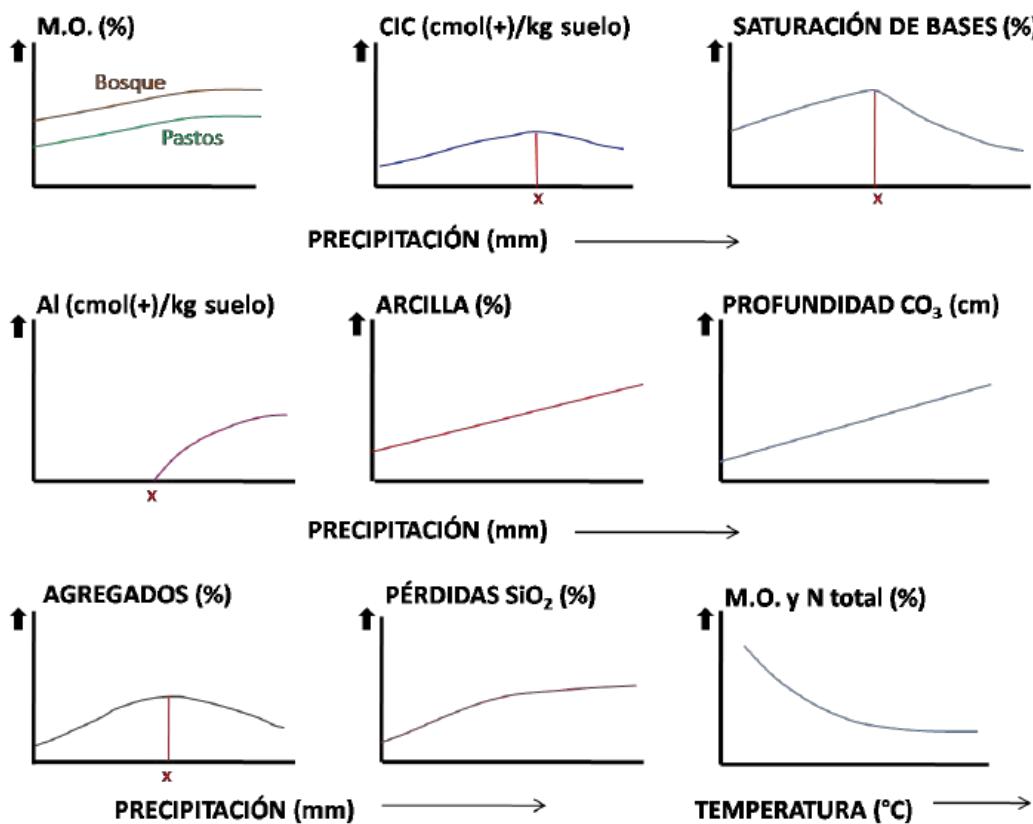
**Figura 31:** Distribución de las zonas de humedad y precipitación total media anual en mm (Isoyetas). Fuente: SECS 1986



**Figura 32:** Distribución de zonas de temperatura e isolíneas de temperatura media anual en  $^{\circ}\text{C}$  (Isotermas). Fuente: SECS 1986

Las zonas de mayor precipitación y humedad se concentran en la región Oriental o Amazonía, en la parte norte de la región costera y en los piedemontes andinos de la Cordillera Oriental y Occidental. En estas áreas, el exceso de precipitación lava o lixivia las bases que están en el suelo y cationes tales como calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na); y, cuando estos elementos son eliminados, los suelos pasan a tener condiciones ácidas y de baja fertilidad; situación contraria a lo que sucede en las áreas secas de baja precipitación o humedad, como son los sectores sur occidental y sur de la región costera y los valles o cuencas intra-andinas, en donde los suelos presentan condiciones básicas o alcalinas con elevado contenido de bases.

En la Figura 33, se puede apreciar de manera gráfica las propiedades más importantes del suelo que son influenciadas por la incidencia de los factores del clima (precipitación y temperatura) como son: el contenido de materia orgánica (% MO), la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la saturación de bases (SB), el contenido de aluminio (Al), el contenido de arcilla (% Arc), la profundidad de concentración de carbonatos ( $\text{cm}-\text{CO}_3$ ), el contenido de sílice (%  $\text{SiO}_2$ ) y el contenido de nitrógeno (% N).



**Figura 33:** Propiedades del suelo afectadas por el clima.

Tomado de: <http://bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>

En cuanto a la temperatura se observa, se puede establecer que la gama de temperaturas en el país es muy amplia. Esta se extiende desde los 0°C en las partes más altas de la cordillera andina hasta los 26°C en las partes bajas de las regiones litoral y amazónica.

En la región andina y central del país, de manera general, la temperatura se halla estrechamente vinculada con la altitud, pudiéndose establecer un gradiente altitudinal que destaca temperaturas muy frías en las cotas más altas en la sierra alto-andina y se van incrementando conforme se desciende hacia los valles o depresiones intra-andinas y hacia las llanuras costera y amazónica,

registrándose temperaturas templadas y subcálidas, según se alcancen posiciones fisiográficas medias y bajas en las estribaciones exteriores y/o vertientes interiores andinas.

En las regiones Oriental, Costera e Insular de Galápagos, por su parte, la distribución de la temperatura es más homogénea debido a la mayor regularidad en la topografía; y por ende, se encuentran ambientes cálidos y subcálidos sobre toda la superficie que cubren estas regiones, en donde se registran temperaturas medias que van desde 23 a 26 °C.

### **Climo-secuencias identificadas en Ecuador**

Fuente: Colmet Daage F. 1980

Investigaciones efectuadas por MAG-ORSTOM en el país establecen que cerca de la línea ecuatorial y sobre los 2000 m de altura, las variaciones de temperatura del suelo a 50-100 cm de profundidad no sobrepasan nunca 1°C durante el año. De otro lado, la temperatura del suelo parece variar un poco más durante el año cuando la altitud es inferior a 2000 msnm.

Estas investigaciones señalan también que la temperatura del suelo es un dato constante del mismo y una característica al mismo nivel que algunos datos químicos o mineralógicos; es un muy buen reflejo no sólo de la temperatura exterior sino también de la nubosidad y de la evapotranspiración, cuando se asocia esta medida a otros resultados de observación o de análisis. La temperatura del suelo puede ser muy diferente para una misma altitud, de una vertiente a otra; es así que, la temperatura es mucho más baja en las vertientes lluviosas y nubosas que en las vertientes de altitud similar pero menos húmedas y más soleadas.

MAG-ORSTOM señala que el clima es el factor esencial de las variaciones del suelo, y en la mayoría de los casos, las variaciones de la pluviometría, de la temperatura y de la nubosidad son tan importantes en tan cortas distancias que sería necesario un número considerable de estaciones meteorológicas para poder apreciarlas, lo cual no se dispone en el país.

Por lo anterior, MAG-ORSTOM en el inventario de suelos realizado en Ecuador, puso mucho énfasis en relacionar las características y propiedades de los suelos con los climas que han contribuido a su formación. Todas las características morfológicas, las propiedades del suelo y los datos concernientes a la naturaleza mineralógica de las arcillas ayudaron a determinar el régimen hídrico de los suelos y fueron relacionados entre ellas con la complementaria observación de la vegetación natural o de los sistemas de cultivo.

De esta manera MAG-ORSTOM concluye que, la aparición de micelio de carbonatos en los suelos de cenizas volcánicas es un signo evidente de aridez; el grado de desaturación de bases de diversos horizontes y la acumulación de materia orgánica permiten, teniendo en cuenta la temperatura del suelo, apreciar si la humedad es debida principalmente a una baja evapotranspiración debida a una nubosidad importante o a una pluviosidad abundante, etc. Igualmente, se tienen en cuenta la aparición de un horizonte argílico, su espesor, la importancia del revestimiento, la hidratación de los suelos con alofana, etc.

En base a lo anterior, MAG-ORSTOM, identifica y describe climo-secuencias de suelos deducidos de las propiedades y características de éstos:

a) *Caso de suelos de cenizas volcánicas*

En el caso de depósitos de cenizas que cubren uniformemente una región y generalmente posteriores a las últimas glaciaciones, el establecimiento de climo-secuencias es relativamente simple.

La velocidad de alteración de las cenizas es más rápida en las cenizas muy finas que en las gruesas. Asimismo, la acumulación de la materia orgánica es mucho más intensa en el caso de las cenizas finas que en el caso de las arenas gruesas muy permeables. Por ejemplo, algunos

años de irrigación serán suficientes para transformar la arena fina de la ceniza volcánica es un humus grumoso, mientras que la arena gruesa se modifica poco.

Para establecer climo-secuencias y conocer las relaciones entre los suelos y el clima es entonces necesario distinguir las cenizas gruesas, medianas o finas.

El envejecimiento de estos suelos se manifiesta con la aparición cada vez más importante de arcilla hallosita o alofana limosa al tacto, aunque en realidad se trata de pseudo limo, con un grado de hidratación muy variable en relación con el clima.

En el sur andino, las cenizas solo aparecen en las latitudes más húmedas donde están fijadas por la vegetación y se han vuelto coherentes por la humedad. Fuera de ellas, en las vertientes menos húmedas y elevadas han desaparecido barridos por la erosión eólica o el escurrimiento.

b) *Caso de suelos antiguos*

Los suelos del sur de la sierra andina son muy antiguos y son el resultado de fenómenos de alteración y además de transformación en períodos de tiempo muy largos.

No se puede referir a ellos para conocer el clima actual. En regiones que ahora son relativamente secas existen algunos suelos rojos de caolinita o hidróxidos de hierro, muy pobres en elementos utilizables por las plantas. Tales suelos se han vuelto más estables, inmutables en el tiempo. Sin embargo, en casi todos los casos es factible encontrar índices de clima actual examinando los suelos que están actualmente en evolución, en las partes erosionadas o rejuvenecidas por la erosión.

La erosión puede haber llegado hasta la roca madre no meteorizada o haber afectado sólo los niveles superficiales dejando aflorar los horizontes de alteración de diversa profundidad. Hay una formación de una serie de suelos nuevos que reflejan el clima actual.

Algunos suelos rojos muy antiguos pueden así bordear los molisoles o los vertisoles, con acumulación calcárea o sin ella, formados sobre los materiales afectados por la erosión. Estos suelos rojos residuales siempre son observados en los sitios protegidos por la erosión y su persistencia en el paisaje se explica con evidencia.

#### 1.4.3 La topografía o relieve (r)

Se la define como la configuración del terreno basada en las diferencias de nivel ocasionadas por elevaciones, depresiones u otras desigualdades. Estos desniveles, considerada su morfología, extensión, roca sobre la que se han formado, llevan a designar diferentes nombres tales como: cordilleras, colinas, mesas, cuestas, valles, terrazas, llanuras, etc.

La topografía o relieve, afecta o modifica el desarrollo del suelo por efecto del volumen de precipitación absorbida y retenida (humedad), por efecto de la remoción por erosión y por el movimiento de los materiales en suspensión de un área a otra.

Relieves suaves crean condiciones de estabilidad para el desarrollo del perfil; los suelos son más profundos y presentan horizontes con mayor diferenciación. Relieves abruptos por su parte, favorecen la erosión y son renovados constantemente; no hay formación de suelos o sus horizontes son delgados y los suelos superficiales.

El relieve, además, condiciona aspectos como la insolación, el drenaje del suelo y determinados procesos geomorfológicos.

La relación entre el suelo y las características geomorfológicas del paisaje es tan estrecha que su conocimiento es la base para establecer los modelos de distribución de suelos útiles en cartografía y ordenación de un territorio.

La topografía actúa directamente sobre el proceso de meteorización química, favoreciendo o enlenteciendo la erosión de los productos de la misma, pero su efecto más importante es indirecto, a través del drenaje que ella controla.

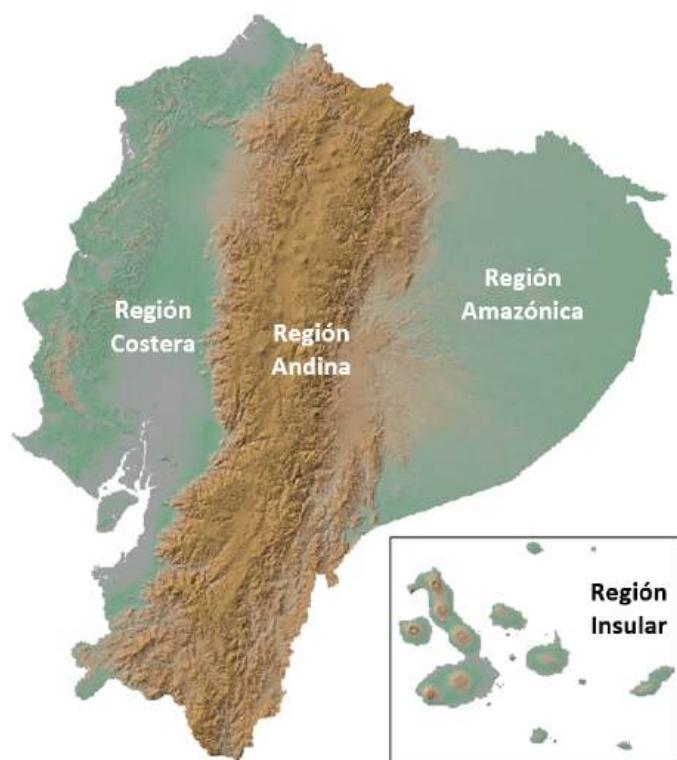
El efecto del drenaje tiene una doble importancia, pues incide tanto en la velocidad de descomposición de los minerales primarios, como en el tipo de minerales neoformados. Un buen drenaje aumenta la velocidad de descomposición, pues sustrae los cationes liberados durante el proceso de alteración e impide que la acumulación de los mismos lleve al proceso a una situación de equilibrio. Por otra parte, el drenaje activo arrastra prácticamente todos los iones que la alteración suministra al medio ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , etc.) determinando un pH relativamente bajo en las aguas que favorecen la formación de minerales arcillosos caoliníticos. En condiciones de drenaje insuficiente o impedido, la acumulación de cationes en el medio promueve la recombinación de los iones liberados por la descomposición en minerales arcillosos micáceos o montmorilloníticos.

Las Figuras 34, 35 y 36, permiten visualizar las condiciones de altitud y relieve predominantes en el país. En estas se observa que el Ecuador es un país con un gran porcentaje de superficies en donde predominan los relieves irregulares y variados desniveles topográficos que juegan un importante papel en el desarrollo y formación de los suelos. Esta característica se define por la presencia de la Cordillera de los Andes que conforma la región Sierra, la Cordillera Costanera y los relieves sedimentarios en la región costera y la Cordillera Subandina y los relieves sedimentarios colinados en la región Oriental o Amazónica.

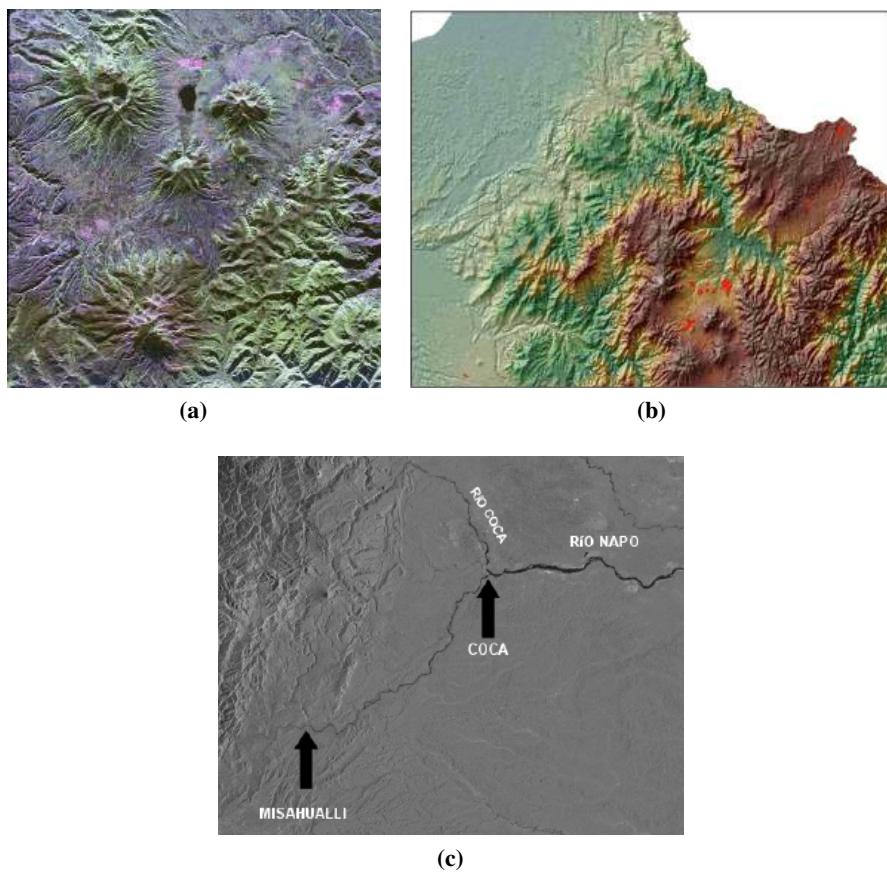
- La Cordillera de los Andes constituye una barrera montañosa de 100-200 km de ancho con vertientes externas muy abruptas de más de 4000 m de desnivel. En su parte norte está constituida por dos cordilleras –Occidental y Oriental- paralelas con altitudes de 4000 a 4500 m y en su parte central con un ancho inferior a 40 km está ocupada por una sucesión de cuencas (hoyas) con altitudes de 1600 a 3000 m, de topografía suave y separadas unas de otras por elevaciones transversales entre 3000 y 4000 m (nudos). En la parte sur central (provincias de Cañar y Azuay), las cordilleras Occidental y Oriental, presentan desniveles topográficos entre 3600 y 4700 m y en el extremo sur estas altitudes alcanzan solamente 2000 y 3500 m (provincia de Loja).
- La Cordillera Costanera comprende un macizo longitudinal que ocupa la parte occidental y nor-occidental de la región costera. Está caracterizada por relieves altos y moderados con altitudes entre 600 y 800 m. La Cordillera Costanera está bordeada por relieves tabulares y colinados inferiores a 450-600 m, más extensos e inclinados hacia el este (relieves sedimentarios costeros). Los relieves regulares y planos en la región costera se distribuyen en la parte central de la región, formando parte de extensas llanuras al pie de los Andes Occidentales; presentan 80 km de ancho y altitudes de 600 m y desciende suavemente hacia el sur a 200 m y 80 m y 0 a 45 m en la llanura aluvial reciente drenada por grandes ríos meandríficos y parcialmente inundables que forman parte de la cuenca baja del río Guayas.
- En la región Oriental o Amazónica, se tiene una cordillera meridiana paralela a la de Los Andes que se alarga de norte a sur con una anchura promedio de 50 km y marcados relieves de 600 m hasta los 2500 m y 3900 m que forman la Cordillera Subandina; bajo ésta se presentan relieves tabulares disectados entre 250 y 600 m de altitud y bajo los 250 a 300 m se presenta un paisaje monótono, el “mar de colinas bajas”. En esta región se encuentran diseminadas anchas llanuras de relieves suaves y bajos.
- La Región Insular o Galápagos, por su parte, tiene superficies con relieves irregulares formados por conos volcánicos que culminan hasta en 1600 m.



**Figura 34:** Visualización de la hipsometría en el territorio nacional.



**Figura 35:** Visualización del relieve en el territorio nacional.



**Figura 36:** Formas de relieve características.

- a) Relieve intramontano (sector central, provincias de Cotopaxi y Pichincha)
- b) Relieve andino y costero (sector norte, provincias de Carchi, Imbabura y Esmeraldas)
- c) Relieve subandino y amazónico (sector norte, provincias de Napo y Orellana)

En el Anexo 4: Terminología Fisiográfica Utilizada, se describen y se grafican las formas de relieve o conjuntos fisiográficos que son citados en el presente documento a efectos de establecer la distribución espacial o geográfica de las diversas clases de suelos que son identificadas en el país.

#### 1.4.4 Los organismos (o)

Los seres vivos constituyen plantas superiores, vertebrados, micro-organismos (bacterias, actinomicetos, algas y hongos), mesofauna (lombrices, nemátodos, insectos, ácaros, etc.), que influyen en las características físicas y químicas de los suelos.

Los seres vivos condicionan tanto procesos de tipo químico como físico, favoreciendo en general la fertilidad del suelo. Los animales excavadores trituran y mezclan el material del suelo, lo que influye sobre la estructuración, la permeabilidad y la aireación. En general, los vertebrados y algunos invertebrados, como los artrópodos, son responsables de la bioturbación del suelo. Los invertebrados no artrópodos colaboran en la alteración de la materia orgánica, favoreciendo la mezcla de materia orgánica y mineral del suelo. La vegetación posee un papel clave en la formación del suelo, sobre todo si se considera su capacidad de meteorización de la roca (líquenes, raíces, etc.), el aporte de materia orgánica, eluvión y lavado, ciclo de nutrientes, descomposición de compuestos orgánicos.

El clima y los organismos asociados actúan sobre el suelo generando biomas fundamentales

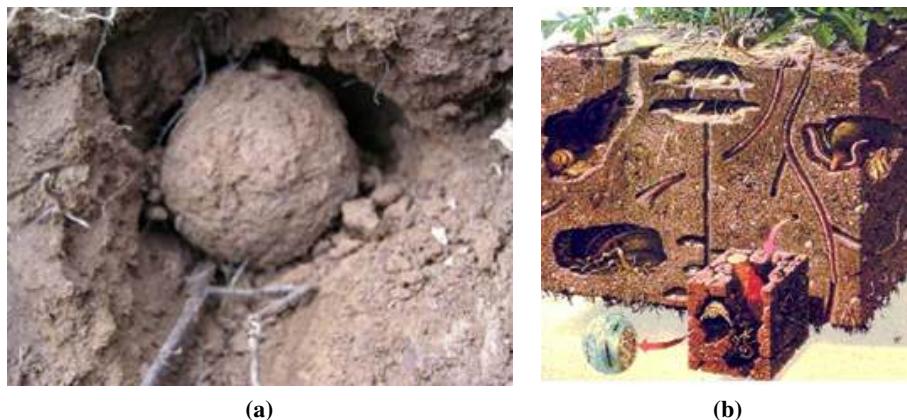
representados en el país por el bosque húmedo tropical, el bosque pluvial, las sabanas tropicales y los páramos.

Las características climáticas y sus organismos asociados ejercen su acción dinámica sobre los materiales superficiales, especialmente a partir del Terciario y Cuaternario, los períodos más importantes para la formación de los suelos. Por la acción de los organismos en la superficie comienza una adición de materia orgánica sobre los materiales de la corteza, proceso común que actúa con el paso del tiempo y que influye en la transformación de los materiales que conforman el suelo.

El agua, la temperatura y los organismos ejercen su acción alterante sobre las rocas o sedimentos, considerados materiales parentales de estos cuerpos naturales; estas interacciones, con el tiempo, generan los suelos.

La influencia de los organismos en la formación del suelo puede ilustrarse con observaciones de comunidades bióticas diferentes y sus componentes. Estas diferencias se pueden encontrar por ejemplo si se compara un suelo formado bajo la selva tropical en la Amazonía con otro bajo vegetación herbácea (páramos andinos) o bajo cultivo.

En el país se pueden hacer observaciones a simple vista, como es el caso de los suelos volcánicos del centro y norte de la Sierra, en donde el paso de material por el aparato digestivo de lombrices y larvas de coleópteros favorece la estructura granular o en bloques finos (molisoles); en las regiones bajas de la Costa y Amazonía, por su parte, hay en cambio una clara influencia de animales más grandes como ciertos roedores, armadillos o insectos, especialmente hormigas.



**Figura 37:** Ejemplo de biopedoturbación efectuada por artrópodos.

a) Nido esferoidal construido utilizando el material arcilloso del suelo

b) Efecto de organismos en el desarrollo de canales y orificios que incrementan la aireación del suelo

Tomado de: El Suelo: Un Sistema Vivo. Juan P. Fuentes E, Facultad de Ciencias Forestales, U. de Chile, pág. 18.  
[http://infoambiental.org/jdownloads/Guías/Gua\\_1\\_para\\_profesores\\_La\\_formación\\_del\\_suelo\\_-Proyecto\\_EXPLORA-CONICYT\\_-2005.pdf](http://infoambiental.org/jdownloads/Guías/Gua_1_para_profesores_La_formación_del_suelo_-Proyecto_EXPLORA-CONICYT_-2005.pdf)

A continuación, en el siguiente cuadro se esquematizan los efectos sobre el suelo ocasionados por la fauna edáfica:

FAUNA DEL SUELO	EFFECTOS SOBRE EL SUELO
<b>Animales excavadores</b>	Viven y se desplazan dentro del suelo. Crean su propio espacio vital
- <b>Vertebrados grandes:</b>	Efecto de bioturbación: mezcla de materiales, destrucción de horizontes, etc. Actividad intensa en praderas, estepas y sabanas. Galerías: erosión por sufosión. Crotovinas: galerías de roedores llenas generalmente con material procedente del horizonte A
Marmotas Ratones Topos Conejos	
- <b>Invertebrados no artrópodos</b>	Ingieren gran cantidad de material
Anélidos oligoquetos	Desintegran la materia orgánica ingiriendo suelo junto con los residuos vegetales
Lombriz de tierra (Lombricus terrestris)	Favorecen la mezcla de materia orgánica y material mineral Mezclan materiales: bioturbación Hacen aumentar el espesor del horizonte
Eisenia foetidus	No toleran ni la sequía ni las heladas. Están ausentes en suelos arenosos secos, en aquellos que presentan mal drenaje y en los suelos ácidos Requieren gran abundancia de materia orgánica sobre la que ejercen una acción descomponedora
- <b>Invertebrados artrópodos</b>	
Insectos	
Himenópteros: hormigas	Hormigueros
Isópteros: termitas	Termiteros
<b>Animales no excavadores</b>	No pueden excavar salvo en extensión muy limitada Descomponen la materia orgánica
- <b>Invertebrados artrópodos</b>	
Insectos	
Colémbolos	
Larvas de insectos	
Arácnidos	
Ácaros	Los hay depredadores y saprófitos
- <b>Invertebrados no artrópodos</b>	
Nemátoda: nemátodos	

Fuente: PORTA CASANELLAS J. (2008). Edafología: para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, España.

#### 1.4.5 El tiempo (t)

El tiempo constituye un factor importante en la formación del suelo, de tal modo que los suelos más antiguos son los que muestran un mayor desarrollo en profundidad del perfil y una mayor diversificación de horizontes. La velocidad de formación del suelo va desde 1 mm/año hasta 0.001 mm/año. Las propiedades del suelo pueden variar en función del momento del día o el año, además de la existencia de cambios muy lentos que necesitan decenas o cientos de años para producirse.

La formación del suelo tiene lugar como consecuencia de la actuación de los factores formadores antes descritos, y en ella desde el punto de vista didáctico se pueden distinguir dos etapas: la etapa inicial que representa la diferenciación de los constituyentes del suelo y una etapa final en la que los constituyentes se reorganizan y evolucionan para formar el suelo.

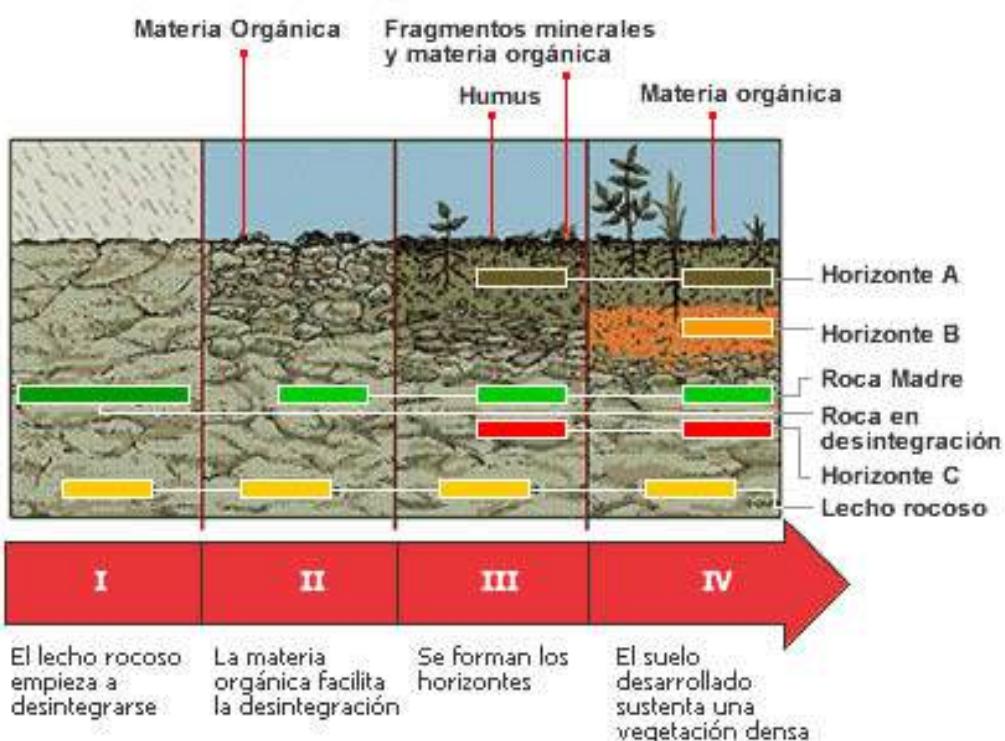
La *etapa inicial* comienza con la fragmentación de las rocas originales y también de los restos de los organismos que poco a poco han ido colonizando el material. La desagregación del material

facilitará la circulación del aire y del agua, y también favorecerá la actividad biótica, todo lo cual conducirá a la subsiguiente alteración química del material.

Los minerales de las rocas originales, dependiendo de la estabilidad, se alteran en mayor o menor medida, apareciendo en el suelo más o menos transformados. Los iones liberados en la alteración mineral pasarán a la solución del suelo formando geles o se recombinarán para dar lugar a nuevos minerales.

Por otra parte, los vegetales y animales sufren al morir intensas transformaciones químicas, desarrollándose un nuevo material orgánico que evoluciona para alcanzar un equilibrio en las condiciones edáficas, llamado “humus”. Durante estos procesos de transformación del material orgánico se desprenderán compuestos sencillos que irán a engrosar la solución del suelo y también se pueden desprender como consecuencia de estas reacciones determinados gases, además de agua, pero el agua y los gases del suelo proceden fundamentalmente de la atmósfera.

En la *etapa final*, todos los constituyentes formados o liberados en la etapa inicial (minerales, humus, geles, gases, agua y soluciones) sufren una serie de procesos de mezcla y diferenciaciones que, si evolucionan *in situ*, conducen a la formación del suelo, mientras que, si son arrastrados a otros lugares, dan lugar a los sedimentos (los cuales pueden sufrir posteriormente nuevos procesos de edafización). En la fase final, la transformación es tan intensa que el material adquiere una morfología y unas características químicas propias. Las sustancias minerales originales se han transformado física y químicamente, se han reorganizado y unido entre sí y a la fracción orgánica y han formado nuevos agregados estructurales. Las movilizaciones de sustancias adquieren en esta fase un papel predominante.

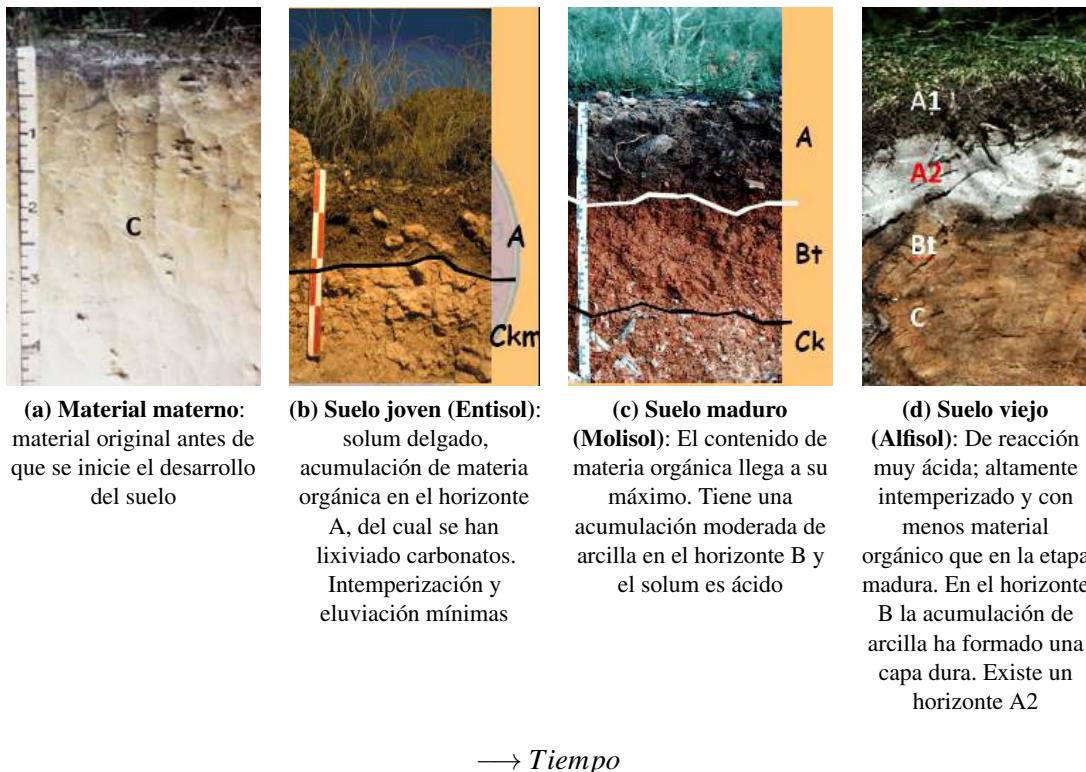


**Figura 38:** Evolución y horzonación de un suelo.

Tomado de: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/10/02/102439>

Para Mohr y van Baren, se tienen las siguientes etapas en el desarrollo de un suelo:

- Etapa inicial: material madre no intemperizado.
- Etapa juvenil: la intemperización comienza pero mucho del material madre está aún no intemperizado.
- Etapa viril: los minerales han sido decompuestos; aumenta el contenido de arcilla.
- Etapa senil: la descomposición llega a una etapa final y solamente los minerales más resistentes persisten.
- Etapa final: el desarrollo del suelo ha sido completo así como su intemperización; ya no hay arcillas.



**Figura 39:** Etapas de desarrollo del suelo.

La velocidad de formación de un suelo es extraordinariamente lenta, para la escala humana y muy rápida en la escala geológica, y depende del tipo de factores formadores de cada suelo. Así, los suelos se desarrollarán más fácilmente sobre materiales parentales sueltos e inestables que sobre rocas duras y constituidas por minerales estables. También es lógico esperar una más rápida formación en los climas húmedos y cálidos que en climas secos y fríos. Por ello, la velocidad de formación del suelo es muy variable; en la bibliografía se pueden encontrar valores desde 1 mm/año hasta 0.001 mm/año, dependiendo del tipo de suelos. Es de resaltar cómo la velocidad de formación del suelo decrece drásticamente con la edad, ya que en un principio el material edáfico evoluciona hacia la formación de un horizonte A, de alteración de materia orgánica, y una vez formado éste, el suelo se desarrolla originando horizontes B, de alteración mineral, de mucho más lento desarrollo.

**Tabla 1:** Tiempos estimados de formación de suelos.

<b>FORMACIÓN DEL SUELO</b>	<b>TASAS DE FORMACIÓN (AÑOS)</b>
Muy rápida (sobre cenizas volcánicas y clima húmedo)	<100
Muy lenta (sobre calizas duras y clima templado-frío)	<1cm/5000 años
Propiedades asociadas con el hidromorfismo	Rápida
Propiedades asociadas con la materia orgánica	Rápida
Propiedades asociadas con la meteorización	Lenta
Horizontes A	1 – 1000
Horizontes de alteración (B cámbico)	>1000
Horizontes de acumulación (B argílico)	>1000
Carácter ácuico	<10
Entisol (sobre material no consolidado)	<100
Vertisol	3000 – 18000
Spodosol	1000 – 8000
Ultisol	$10^6$
Oxisol	$10^5$ a $2 \times 10^6$

Fuente: PORTA CASANELLAS J. 2008. Edafología: para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, España.

## 1.5 Procesos de Formación del Suelo

Fuente: (Fitz Patrick, 1978)

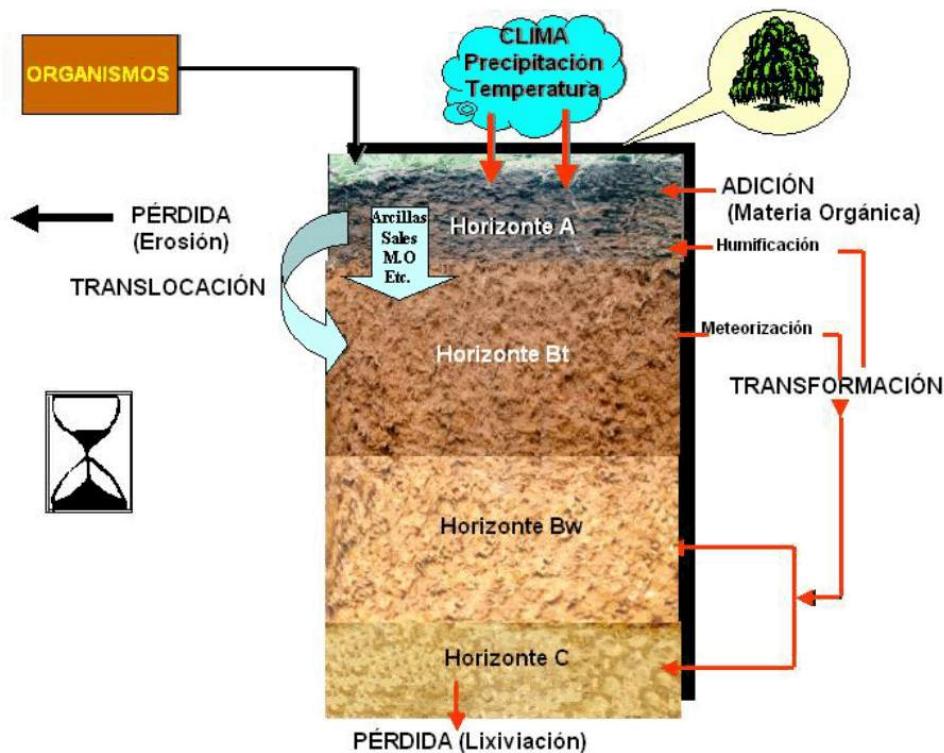
La formación del suelo comprende un conjunto de procesos que transforman una roca o el material parental en suelo. Estos pueden ser físicos, químicos y biológicos.

### 1.5.1 Procesos físicos

Son aquellos en los que intervienen agentes físicos. Los principales son:

adiciones (ganancias)  
sustracciones (pérdidas)  
translocaciones (transferencias)  
transformaciones (cambios)

A continuación, se esquematizan y describen estos procesos en las Figuras 40 y 41:



**Figura 40:** Esquema general de los procesos físicos de formación de los suelos.

Tomado de: Malagón D. Suelos de Colombia, IGAC  
[\(https://www.sogeocol.edu.co/documentos/05loss.pdf\)](https://www.sogeocol.edu.co/documentos/05loss.pdf)



**Figura 41:** Procesos físicos en la formación de los suelos.

[\(https://constructopostnormal.files.wordpress.com/2007/03/microsoft-powerpoint-presentaci\\_363n-4-chile.pdf\)](https://constructopostnormal.files.wordpress.com/2007/03/microsoft-powerpoint-presentaci_363n-4-chile.pdf)

La interacción de los factores de formación con el predominio de uno u otro favorece las tendencias de ciertos procesos y, por tanto, el que se forme una clase determinada de suelo. Esto permite explicar por qué, en general, un suelo de una región desértica tiene características muy diversas de uno de una región húmeda, aunque provengan los dos del mismo material original.

- **Adiciones:** ganancia de materiales en el suelo.

Son aportes constituidos por materiales que pueden ser residuos de plantas y sus productos de descomposición, ácido carbónico y nítrico, polvo fino, productos de erosión depositados en terrenos bajos, materiales aluviales, depósitos de origen eólico, depósitos de glaciares y de cenizas volcánicas y otros materiales piroclásticos. Los tres primeros son adiciones normales del suelo; los otros, a menos que se añadan en cantidades muy pequeñas, son adiciones anormales que forman un nuevo material de partida y, por ende, pueden formar nuevos suelos (Hardy, 1970).

Estos últimos casos suelen ser los más frecuentes en el Ecuador. El aporte más significativo, tanto normal (pequeño espesor) como anormal (gran espesor y nuevo material de partida) es la ceniza volcánica que ha cubierto entre un cuarto y un tercio de la superficie del país.



**Figura 42:** Aportes de ceniza volcánica y material piroclástico en la parte alta de la región andina norte.

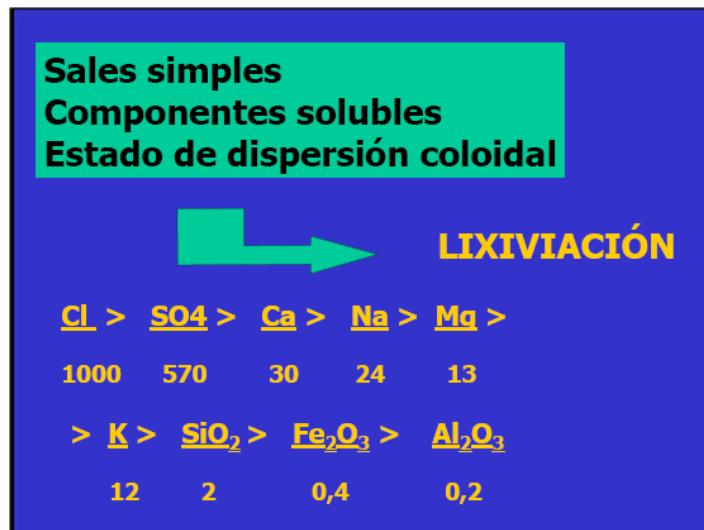
La adición de materia orgánica en pequeñas o grandes cantidades se la puede observar fácilmente. En este caso, se tiene la acumulación de materia orgánica en regiones en que las condiciones climáticas la favorecen, tal es el caso de los suelos orgánicos de la Región Amazónica y también en las zonas frías de los páramos húmedos andinos, en donde la baja temperatura impide su rápida descomposición.

- **Sustracciones o remociones:** pérdida de materiales en el suelo.

Constituye la eliminación completa de una o más sustancias o materiales del perfil del suelo (Hardy, 1970). El principal agente es el agua que arrastra los productos de disolución y aún materiales finos en suspensión. Afecta principalmente a carbonatos y bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos y nitritos, sílice en forma de silicatos y sílice coloidal.

Para eliminar un material soluble es preciso que haya una precipitación mayor que la evapotranspiración (es decir, la evaporación del agua desde el suelo y la que es producto de la transpiración de las plantas). Entre las sustancias que salen del suelo se incluyen desde las más solubles (cloruros, bicarbonatos, sulfatos) hasta las menos solubles como la sílice, y el proceso que las lleva hacia abajo y fuera del perfil es la *lixiviación*.

El orden de movilidad indica la mayor o menor facilidad con que se pierden los diferentes elementos al ser liberados durante la meteorización, siendo más fácilmente eliminados los más móviles como los cationes alcalinos y alcalino téreos y concentrándose residualmente los menos móviles como el aluminio (Al) y hierro (Fe).



**Figura 43:** Movilidad relativa de productos solubles.

Tomado de: <https://www.yumpu.com/es/document/read/36059431/procesos-de-formacion-de-suelos>

Por lo anterior, en el país los suelos que han sufrido un mayor proceso de sustracción o eliminación de minerales solubles (iones calcio Ca, magnesio Mg, potasio K y sodio Na) y por ende presentan una baja saturación en bases y pHs ácidos (debido al reemplazo de los iones básicos por iones de hidrógeno H y aluminio Al) constituyen aquellos que se desarrollan en las zonas de mayor humedad y precipitación, las mismas que están ubicadas en la parte nor-oriental de la región costera, en las partes altas de la región andina (sierra alta y vertientes altas) y en la casi totalidad de la región amazónica (Ver Figura 31: Zonas de humedad).

Otro tipo de remoción está dado por efecto de la erosión. Este proceso puede dejar al descubierto un material susceptible de convertirse en suelo. Este fenómeno se lo observa en grandes áreas de la sierra andina, en donde, por efectos del arrastre del suelo superficial, aflora un material endurecido denominado “*cangahua*” (según Sauer, 1971, una toba volcánica de origen glacial), el mismo que da origen a los suelos clasificados como Duriudolls, Durustolls (Figura 44).



**Figura 44:** Superficies en la sierra andina donde se ha producido la remoción del suelo superficial y el consecuente afloramiento de la cangahua.

- **Transferencias o translocaciones:** movimiento de materiales sólidos o en solución, de una parte a otra, dentro del suelo.

Es la extracción de materiales de la parte superior del suelo, incluyendo la capa de humus superficial y su depositación en capas inferiores. El agente principal de ese movimiento es el agua y el proceso es una lixiviación restringida (lavado<sup>17</sup>), que no tiene la capacidad de extraer estos materiales completamente y, por ende, las sustancias extraídas no se pierden como en el caso de las remociones o sustracciones.

Este proceso es el que más contribuye a la formación de los horizontes del suelo, ya que muchos procesos relacionados con la formación de suelos y diferenciación de horizontes están vinculados con el movimiento, reorganización y redistribución del material en los dos primeros metros aproximadamente de la corteza terrestre.



**Figura 45:** Transferencias en perfiles de suelos.

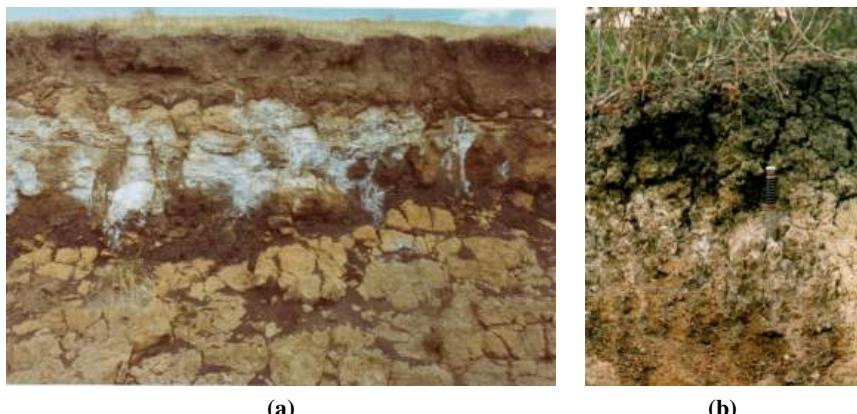
Tomado de: <https://www.yumpu.com/es/document/read/36059431/procesos-de-formacion-de-suelos>

Las partículas finas y materiales coloidales son a menudo transportadas en suspensión de un lugar a otro dentro del suelo. Tal vez la manifestación más importante de este proceso es la remoción de partículas menores de 0.5 µm de los horizontes superiores de algunos suelos depositándose en una posición intermedia y formando revestimientos de arcilla orientada o *cutanes*. Lo anterior puede causar variaciones de más de 20% de arcilla entre los horizontes adyacentes.

Ejemplos de transferencias en el país pueden encontrarse en suelos de la provincia de El Oro, en las planicies occidentales de Arenillas (sector Pitahaya) y Hualtaco, en donde se encuentran acumulaciones de yeso a profundidades menores de un metro.

Se cita además la precipitación de carbonato de calcio, que es frecuente en suelos de zonas secas, como son los de la parte occidental de la provincia de Manabí y los valles secos de la región interandina.

<sup>17</sup>Lavado: migración mecánica de pequeñas partículas minerales del horizonte A al B de un suelo, produciendo en los horizontes B un enriquecimiento relativo de arcilla (horizontes argílicos).



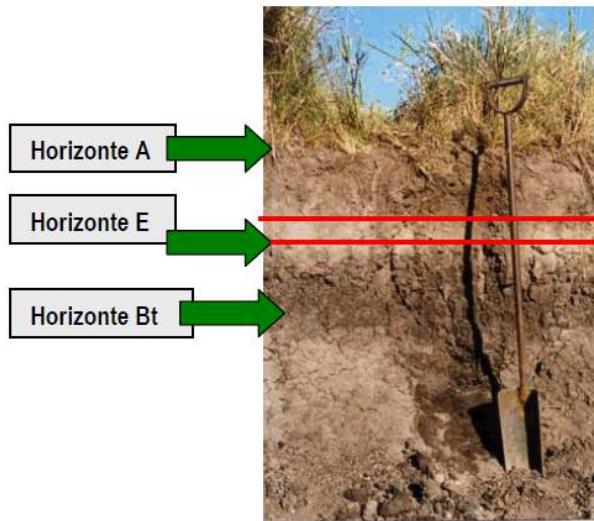
**Figura 46:** Acumulación de carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ).

a) Región andina: suelos sobre cangahua de áreas secas en el centro del callejón interandino. Sector oriental, Papaurco. Vía Salcedo-Laguna de Anteojos, 2800 msnm, provincia de Cotopaxi; b) Región costera: suelos sobre materiales sedimentarios antiguos. Colinas bajas en el sector Febres Cordero. Chongón-Colonche, 60 msnm, provincia de Santa Elena

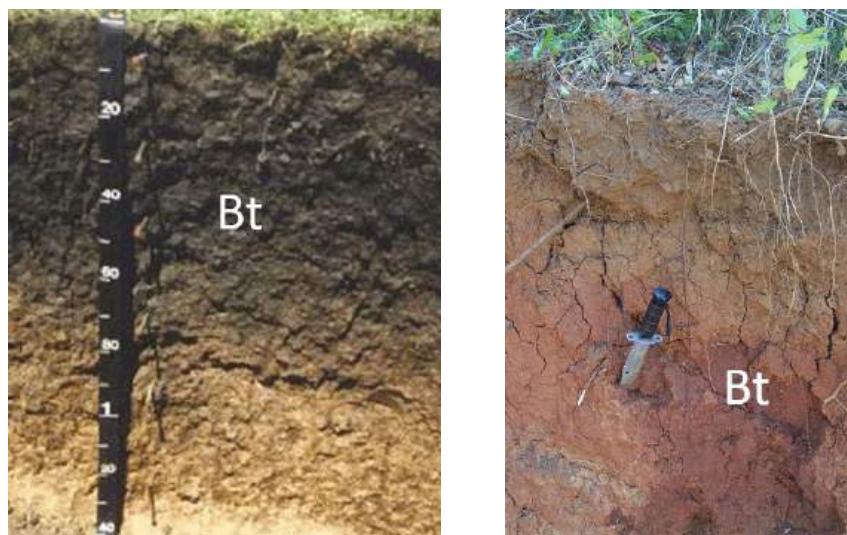
Algunas cangahuas muestran endurecimiento que aparentemente se debe a una acumulación de sílice, en parte producto de transferencias y en parte de alteración *in situ*.

Con menos frecuencia se tiene la formación de horizontes de acumulación de arcilla (horizontes argílicos Bt) en los suelos ecuatorianos por efecto de las transferencias. En este caso se cita a los suelos Molisoles, Alfisoles y Aridisoles, en los cuales, el clima tiene una influencia decisiva en el proceso de translocación, ya que para que tenga lugar el mismo es absolutamente imprescindible que el suelo pase por unas fases húmedas lo suficientemente intensas como para que haya un exceso de agua de gravedad que se infiltre a través del suelo, ya que de no ser así no se produciría el arrastre de la arcilla. Además, usualmente es necesario que el suelo pase por períodos de sequedad lo suficientemente largos e intensos como para que se produzca la total desecación de los macroporos de los horizontes inferiores del suelo.

El arrastre de las partículas de arcilla de los horizontes superficiales y su acumulación a una determinada profundidad origina cambios visibles de coloración, textura, estructura y consistencia. Desde un punto de vista macromorfológico, la translocación de las partículas de arcilla de un punto a otro se manifiesta en la generación de un fuerte cambio textural en el perfil, apareciendo un horizonte superior empobrecido en partículas finas, de textura gruesa (es el horizonte eluvial u horizonte E) y un horizonte subsuperficial donde se acumula la arcilla iluvial, por tanto de textura fina (horizonte iluvial, Bt o argílico). Así, un perfil en el que la iluviaciόn de arcilla ha sido muy intensa muestra una secuencia típica de horizontes A, E y Bt. El horizonte eluvial E se presenta decolorado, a veces de color blanco neto, de textura arenosa y estructuras poco desarrolladas. Por el contrario, el horizonte iluvial, presenta coloración parda o roja de altos cromas, su textura es arcillosa y presenta un fuerte desarrollo de la estructura, con amplias y numerosas grietas, de tipo en bloques angulares gruesos o prismática.



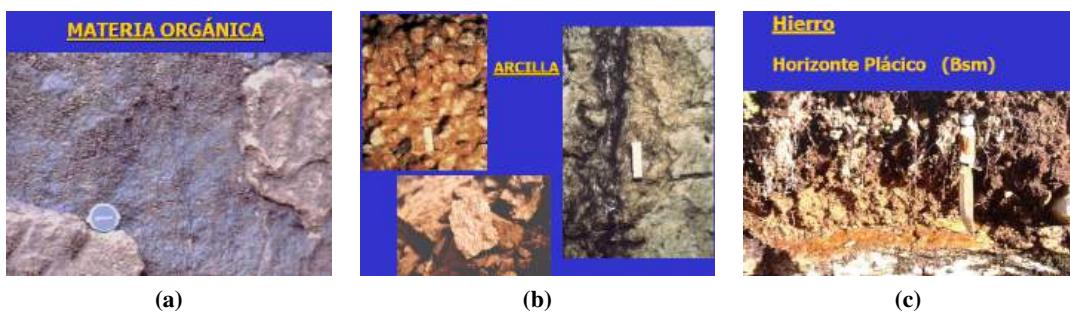
**Figura 47:** Formación de un horizonte de acumulación de arcilla (Bt) en un suelo Alfisol.



**Figura 48:** Horizonte argílico en un Molisol (izq.) y horizonte argílico en un Alfisol (der.).

Aunque generalmente las transferencias siguen la fuerza de la gravedad y que son las más importantes, hay transferencias que alteran la formación de los horizontes y que van en sentido inverso y aún contrario al movimiento desde la superficie a las capas inferiores. Ello se manifiesta en suelos de la Región Amazónica y de la Región Costera, en donde animales mayores pueden, al cavar sus madrigueras, llevar materiales de un horizonte a otro; ó, como en el caso de las hormigas, que extraen material de cierta profundidad para depositarlo en superficie.

Importantes áreas de la costa central y meridional presentan suelos Vertisoles; suelos arcillosos, en los que la arcilla que los constituye se caracteriza por expandirse cuando entra agua en sus capas (durante la estación lluviosa) y contraerse cuando esta agua se evapora (durante la estación seca). Con la contracción se forman grietas en las que cae material desde la superficie. En una nueva fase de expansión, hay presión sobre el material acumulado en las grietas y este material puede moverse hacia la superficie y se produce un movimiento circulatorio que altera el esquema de los horizontes más o menos paralelos a la superficie.



**Figura 49:** Transferencias de: a) materia orgánica; b) arcilla; c) hierro.

Tomado de: <https://www.yumpu.com/es/document/read/36059431/procesos-de-formacion-de-suelos>

- **Transformaciones:** variación en el tamaño, forma y composición de los materiales componentes del suelo.

Son el conjunto de alteraciones que sufre el material de partida para producir el suelo. Entre éstas se incluye desde la alteración de la materia orgánica para formar el humus, las alteraciones de los minerales originarios para dejar salir las sales solubles hasta la transformación en minerales secundarios, especialmente arcillas de silicatos.

El fenómeno más interesante es precisamente este último ya que son estos minerales secundarios los que, en gran parte, rigen la dinámica del suelo al permitir el intercambio de iones con la solución del suelo (agua cargada de varios elementos) y con las raíces de las plantas.

Es preciso considerar que la fragmentación de las rocas y luego de los granos de minerales facilita poco a poco esta acción dinámica, pues la superficie expuesta en relación con el volumen se hace cada vez mayor.

A continuación, se ejemplifican los casos más comunes de procesos de transformaciones que se dan lugar en los suelos ecuatorianos:

### Transformación mineralógica de la ceniza volcánica

Fuente: Suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia A. Lizcano, M.C. Herrera y J.C. Santamarina

Las cenizas volcánicas están compuestas predominantemente por minerales primarios livianos (70-95 %) y en menor proporción por minerales pesados (Shoji et al., 1993). Por lo general, los minerales presentes incluyen feldespato, cuarzo, hornblenda, hiperestena, augita, magnetita, biotita y principalmente vidrio volcánico (Nanzyo, 2004).

El vidrio volcánico es un mineral que tiene una estructura pobemente ordenada y una resistencia muy baja a la meteorización química (Tazaki et al., 1992; Shoji et al., 1993). Este mineral primario juega un importante papel en la formación de los minerales actuales.

Las cenizas volcánicas son convencionalmente clasificadas de acuerdo con su composición, en particular con base en el contenido de sílice. Decreciendo en el contenido de sílice las cenizas se clasifican en riolíticas, dacíticas, andesíticas, basalto-andesíticas (Shoji et al., 1993).

Estudios de MAG-ORSTOM en Ecuador, indican que la mayor parte de las cenizas que han llevado a la formación de suelos en el país son de tipo dacítico, ricas en feldespato plagioclasa, vidrio volcánico, anfíbola y piroxena y pobres en cuarzo.

El efecto del material parental es más importante en las etapas iniciales de la formación del suelo que en etapas avanzadas. La meteorización del material parental depende de la presencia de minerales ácidos o básicos. En general, los minerales ácidos (cuarzo, feldespasto, hornblenda, mica) son más resistentes a la meteorización que los minerales básicos (e.g. olivino, piroxena y plagioclasa cárlico; Townsend, 1985).

Durante la meteorización generalmente se obtiene una composición elemental rica en sílice (Si), aluminio (Al) y cationes base (Na, Ca). El Si y los cationes base son disueltos y removidos de las capas superficiales y el Al tiende a permanecer. A medida que el clima se hace más húmedo ocurre mayor disolución y se alcanza a remover Al progresivamente (Ziegler et al., 2003; Nanzyo, 2004). Los mecanismos de disolución y lixiviación son muy importantes para la formación de los suelos derivados de cenizas volcánicas ya que llevan a zonas superficiales altamente porosas y la disponibilidad de las soluciones necesarias para la síntesis de minerales secundarios.

La alofana es un aluminosilicato hidratado producido en etapas tempranas de la meteorización del vidrio volcánico, a partir de soluciones de Si y Al y en condiciones de pH >4.7 (van Olphen, 1971; Wesley, 1977; Wada, 1987). La composición de la alofana varía de acuerdo con el predominio de Al ó Si y en la naturaleza se pueden encontrar alofanas ricas en Al (Al:Si: 2:1) y alofanas ricas en Si (Al:Si: 1:1).

La presencia de alofana está generalmente asociada con la presencia de imogolita. Este mineral consiste de hilos suaves y curvos que conectan las partículas de alofana. La imogolita presenta propiedades químicas similares a la alofana, pero a diferencia de la alofana se forma únicamente a partir de soluciones con relaciones Al/Si~0.5-1.0 y pH~5.

En una etapa más avanzada de alteración del vidrio volcánico se forma haloisita. Típicamente, la alofana rica en Si puede sintetizar este mineral después de un período de meteorización que puede tardar miles de años (Shoji et al., 1993; Parfitt, 1990; Parfitt et al., 1984; Fieldes y Claridge, 1975), bajo condiciones de precipitación inferiores a 1500 mm/año (Dahlgren et al., 1993) y pH entre 5.7 y 7.1 (Wada, 1990).

La haloisita se puede presentar completamente hidratada, parcialmente hidratada o deshidratada (metahaloisita) (Wada, 1987; Bailey, 1990).

La abundancia relativa de los minerales secundarios depende de las condiciones climáticas y la altitud: los contenidos de alofana e imogolita disminuyen y los de haloisita aumentan a medida que se reduce la precipitación, el drenaje y la altitud (Shoji et al., 1993).

La identificación en campo de minerales como alofana, se hace por medio de la prueba del fluoruro de sodio –NaF- (Fieldes y Perrot, 1966). Esta prueba consiste en la adición de fluoruro de sodio a una muestra de suelo colocada sobre un papel impregnado con fenolftaleína que actúa como indicador. La presencia de alofana conduce a una reacción en la cual el fluoruro de sodio libera iones hidróxilos de la alofana produciendo el incremento del pH por encima de 9 y la coloración roja del papel indicador.



**Figura 50:** Transformación de la ceniza volcánica.

Tomado de: <https://www.yumpu.com/es/document/read/36059431/procesos-de-formacion-de-suelos>

### Acumulación y evolución de la materia orgánica en suelos de cenizas volcánicas

Cuando la materia orgánica fresca, constituida por residuos vegetales y animales, se incorpora al suelo, sufre transformaciones más o menos activas bajo la influencia de factores biológicos; una parte se mineraliza y libera compuestos gaseosos ( $CO_2$ ,  $NH_3$ ), mientras que la otra se *humifica*, formando compuestos relativamente estables y generalmente unidos por mecanismos físico-químicos a los coloides minerales.

La acumulación de la materia orgánica es quizá el principal rasgo que diferencia a los suelos de muchos sedimentos no consolidados y formaciones superficiales cuya composición es exclusivamente mineral. Por lo tanto, la existencia de materia orgánica es una propiedad característica de los suelos y su acumulación y evolución, bajo diferentes condiciones y en diversas modalidades, deben considerarse como procesos generales edafogenéticos de primordial importancia.

La velocidad de las transformaciones de los residuos orgánicos frescos varía según las condiciones ambientales de humedad y temperatura, pero también la fauna juega un rol importante, sobre todo en la fragmentación mecánica y en la incorporación de los residuos. A su vez, la naturaleza de éstos condiciona también la velocidad de la descomposición: los restos frescos se descomponen más rápidamente que los secos o pajizos.

El tipo de humus formado depende de la velocidad de la descomposición, la que está relacionada a la actividad biológica del medio y de la naturaleza, abundancia y estabilidad de los compuestos húmicos de neoformación.

De esta manera, en los suelos originados de cenizas volcánicas, se presentan características secundarias que dependen de la temperatura; en las áreas más frías, los ácidos húmicos son mayores a los ácidos fúlvicos, mientras que en áreas más cálidas, los ácidos húmicos son inferiores a los ácidos fúlvicos, y como efecto de ello, los suelos presentan un color negro en las partes altas y frías, mientras que en las áreas bajas y cálidas, los suelos son de color pardo amarillento o amarillo.



**Figura 51:** Perfiles de suelos volcánicos en el paisaje andino y coloración en la climosecuencia según el estado de evolución de la materia orgánica, desde las partes alta frías (3600 msnm) (extremo izquierdo) hasta las zonas bajas cálidas (600 msnm) (extremo derecho).

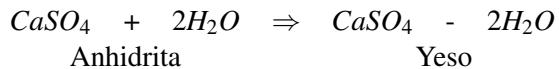
### 1.5.2 Procesos químicos

Son aquellos en los que intervienen agentes químicos. Los principales son:

- **Hidratación:** proceso mediante el cual las sustancias absorben agua, sin causar profunda modificación del mineral (no se forman nuevos minerales).

Pocos minerales primarios pasan directamente por la hidratación durante las primeras etapas de la meteorización. La excepción más importante es la biotita, que absorbe agua entre sus capas, se expande y finalmente se separa. La hidratación es más bien un proceso secundario que afecta a los productos de la descomposición tales como óxidos de hierro y aluminio.

A continuación, se ejemplifica el proceso de hidratación de la anhidrita:



- **Hidrólisis:** actúa en la sustitución de los cationes de calcio (Ca), sodio (Na) y potasio (K) existentes en la estructura de los silicatos primarios, por iones de hidrógeno (H) presentes en la solución del suelo; lo anterior conduce en ocasiones a una descomposición completa de los minerales. Los productos de la hidrólisis, como el calcio, se encuentran entonces disponibles para ser absorbidos por las plantas o removidos por el agua que fluye a través del suelo o se precipitan fuera de la solución.

Es quizás el proceso más importante, ya que participa en la transformación de los minerales y en la formación del suelo.

Es una reacción efectiva para cambiar la composición química de muchos minerales. Produce nuevos minerales y productos (neoformación de minerales).

Un ejemplo simple se tiene con la hidrólisis de la microclina ( $KAlSi_3O_8$ ), un feldespato potásico muy abundante en diversas rocas, que se muestra a continuación:



El potasio liberado por hidrólisis del feldespato es soluble y está sujeto a adsorción por los coloides del suelo, a absorción por las raíces de las plantas y a eliminación en el agua de drenaje.

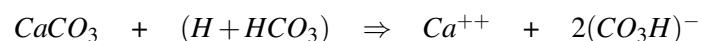
La hidrólisis es más eficaz cuanto mayor es la humedad y la temperatura, así como la existencia de una densa cobertura vegetal, situación que se presenta en la región amazónica y en el norte costero. La lixiviación del suelo es fundamental para que tengan lugar los procesos de hidrólisis, la misma que bajo esas condiciones en una primera etapa forma arcillas de tipo caolinítico y, finalmente, con la eliminación del sílice, se produce la formación de óxidos e hidróxidos (laterización).

La principal consecuencia del proceso es la variación del pH del suelo a condiciones ácidas.

- **Disolución:** separa minerales. El agua disuelve las sales solubles tales como nitratos, carbonatos, cloruros y sulfatos.

Sólo algunas sustancias encontradas en el suelo son solubles en agua y ácido carbónico. Los nitratos, cloruros y sulfatos son altamente solubles en agua, pero se presentan en cantidades significativas sólo en suelos de zonas áridas. La calcita y la dolomita son menos solubles en agua, pero se encuentran más ampliamente distribuidas y son los principales componentes de la piedra caliza, del yeso y de algunos materiales parentales. Estos materiales son muy característicos por ser casi totalmente solubles en ácido carbónico, quedando pocos residuos después de la disolución. En consecuencia, los suelos que se forman de estos materiales son generalmente delgados.

Como ejemplo del proceso de disolución se presenta en el mineral calcita ( $CaCO_3$ ) que es fácilmente atacado por una solución ácida (incluso débil):

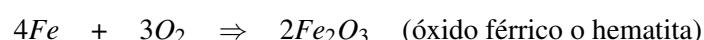


Durante el proceso, el carbonato cálcico insoluble se transforma en productos solubles.

- **Oxidación:** es una reacción geoquímica importante que se produce en las rocas bien aireadas y los materiales de suelos en los que el contenido de oxígeno es alto y las demandas biológicas de ese elemento bajas. La reacción específica más importante es la del ión ferroso al férrico.

La oxidación del hierro es un proceso de intemperización desintegrante en los minerales que contienen el ión ferroso como parte de su estructura. El cambio del tamaño y la carga de este elemento, al convertirse a la forma férrica, hace que el mineral se rompa (S. W. Boul et al. 1981). El hierro oxidado en varios grados imparte los colores rojos y amarillos a los suelos.

Ejemplo de oxidación:



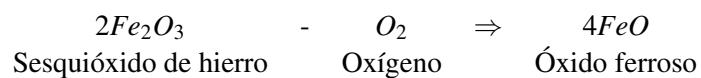


**Figura 52:** Proceso de oxidación en el perfil del suelo.

- **Reducción:** se produce en el ambiente geoquímico cuando el material está saturado en agua (bajo el nivel freático), la existencia de oxígeno es baja y la demanda biológica de este elemento es elevada. El efecto de esto es la reducción del hierro a la forma ferrosa, muy móvil. En esta forma se puede perder del sistema, si hay un movimiento ascendente o descendente neto del agua freática. Si el hierro ferroso permanece en el sistema, reacciona para formar sulfuros y compuestos relacionados que imparten los colores verde y azul verdoso (color gley). Si el hierro permanece como óxido ferroso hidratado en el material del suelo, se obtiene el moteado amarillo y anaranjado.

La formación de horizontes por la reducción parcial o completa es denominada como *gleización*<sup>18</sup>.

Ejemplo: reducción del hierro (Fe) de su forma férrica a su forma ferrosa:

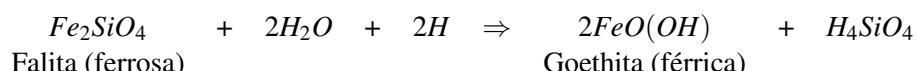


**Figura 53:** Colores de gley en el perfil del suelo.

<sup>18</sup>Gleización: la reducción de hierro en condiciones de suelos inundados de agua y anaeróbicas, con la producción de colores matriciales verdosos grisáceos hasta azulados, con o sin café amarillento y motas cafés y negras, y concreciones férricas o manganíferas.

- **Oxidación-reducción:** un rasgo muy común en los horizontes C y otros materiales iniciales del suelo es la fluctuación de las condiciones de oxidación a las de reducción, con frecuencia en forma cíclica, debido a las variaciones climáticas que se producen durante el año. O bien el material inicial del suelo puede encontrarse en un ambiente reductor durante la etapa de intemperización geoquímica, pasando a continuación a un ambiente oxidante, al convertirse en material original inmediato para los suelos (los horizontes C). Este cambio puede deberse al descenso de la superficie del terreno por la erosión, la elevación de las zonas costeras, el descenso de las tablas freáticas regionales, cambios climáticos o el ascenso y descenso de la tabla freática de modo artificial, tal como sucede en el caso de las áreas con cultivos de arroz.

Ejemplo: oxidación-reducción:



- **Carbonatación:** la descomposición de la materia orgánica en el suelo y la respiración de la materia orgánica las plantas liberan grandes cantidades de  $CO_2$  a la atmósfera del suelo. Este gas fácilmente se combina con las bases produciendo carbonatos y bicarbonatos.

Este proceso es uno de los más efectivos en descomponer los minerales del suelo. Debido a que los bicarbonatos de calcio y magnesio son moderadamente solubles, la solución es el primer proceso en la intemperización de la caliza. Los suelos formados bajo esta influencia están compuestos principalmente de residuos insolubles.

A continuación, se ejemplifica el proceso:



### 1.5.3 Procesos biológicos

Son aquellos en los que participan organismos vivos como agentes predominantes de transformación de los materiales primarios. Entre los principales se tienen:

- **Humificación:** la descomposición de la materia orgánica o humificación es un proceso extremadamente complejo que involucra a varios organismos tales como hongos, bacterias, actinomicetes, lombrices y termitas.

En el caso de las hojas de árboles, por ejemplo, al principio se descomponen los compuestos simples como almidones y azúcares, luego las proteínas, celulosas y hemicelulosas y finalmente los compuestos muy resistentes como los taninos. El material es descompuesto gradualmente, formándose sustancias de color oscuro conocidas como humus.

La descomposición de la materia orgánica a partir de organismos tales como lombrices y termitas, es más vigorosa que la de los hongos y bacterias debido a que los primeros ingieren y descomponen el material orgánico poco tiempo después de que ha caído al suelo y, por lo tanto, los suelos que contienen estos organismos presentan poca materia orgánica en superficie.

La humificación consta de diversas fases en las que las sustancias generadoras del humus experimentan determinadas reacciones químicas a lo largo de un proceso de gran complejidad. En primer lugar, los restos vegetales se transforman y pierden sustancias orgánicas y algunos elementos

minerales como el potasio y el sodio. A continuación, la hojarasca, los tallos y otros restos se acumulan y se desintegran de forma mecánica por la acción de los animales. Posteriormente, tienen lugar otras alteraciones químicas, por las que los restos orgánicos pierden su estructura celular y se alteran a un material amorfo que adquiere un color negruzco. Poco a poco, estos restos se descomponen y se fusionan totalmente con la fracción mineral del suelo para formar el humus.

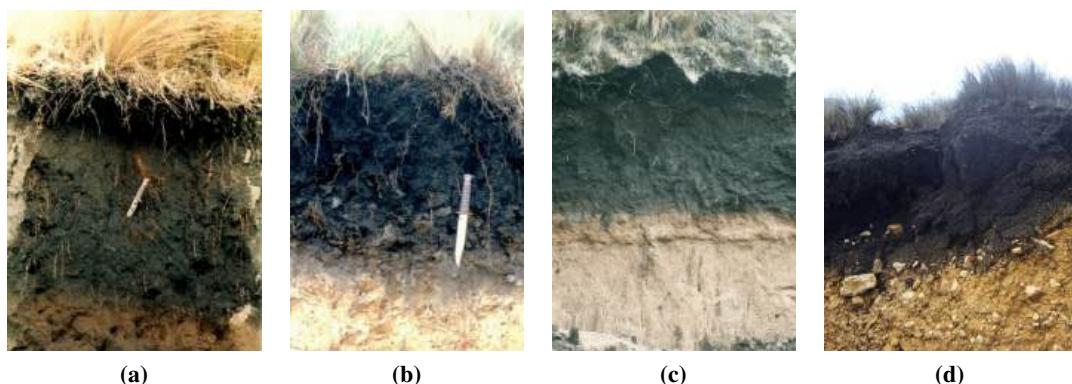


**Figura 54:** Humificación.

Etapas en la descomposición del material orgánico y formación de humus.

Tomado de: [www.redruralnacional.es](http://www.redruralnacional.es). La materia orgánica y la calidad del suelo en producción ecológica. Juana Labrador Moreno.

En el país, la humificación es un proceso muy importante en los suelos de cenizas volcánicas ubicados en las partes altas de la cordillera andina (sierra alta y vertientes altas, orientales y occidentales) y de la cordillera subandina en la región oriental, en donde el clima húmedo y frío restringe la mineralización de la materia orgánica dando lugar a la formación y acumulación del humus en el perfil del suelo con espesores de hasta más de 100 cm; ello es favorecido por el tamaño muy fino de las cenizas y la mineralogía alofánica del suelo que permite la formación de complejos húmicos (complejos humus-Al aluminio) muy estables, aspecto que se traduce en el color negro que exhiben los Andisoles de altura.



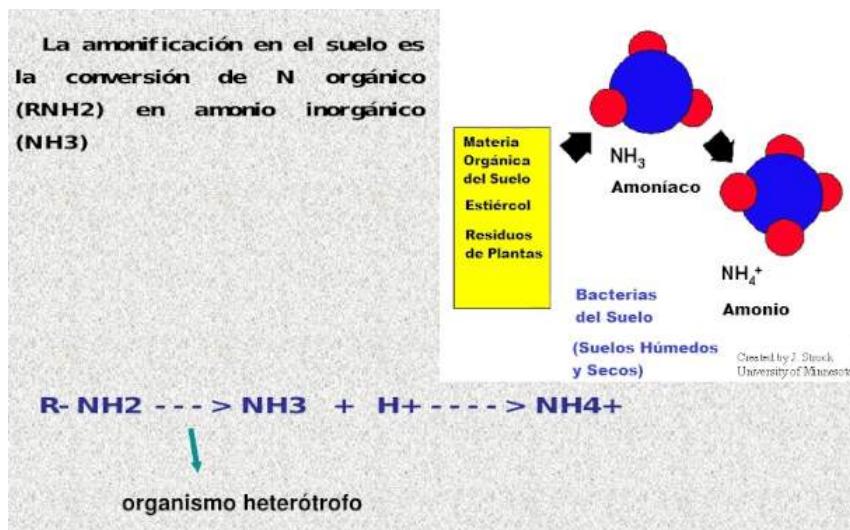
**Figura 55:** Humificación en suelos de ceniza volcánica en la región andina.

- a) Vía Pujilí-Zumbahua (3600 msnm), provincia de Cotopaxi.
- b) Páramos de Quimsacocha (3980 msnm), provincia del Azuay.
- c) Parque Nacional Cayambe-Coca (3800 msnm), provincias de Napo y Pichincha.
- d) Páramos de Santa Isabel y San Fernando (3600 msnm), provincia del Azuay.

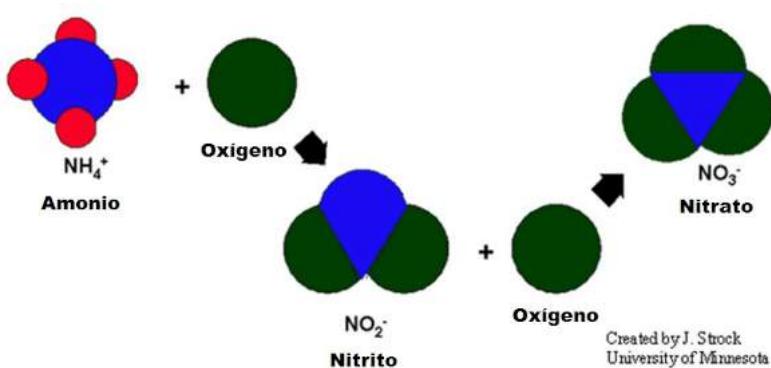
#### • Transformaciones del nitrógeno

Los principales procesos que intervienen en la transformación del nitrógeno son la amonificación, nitrificación y fijación. La amonificación es el proceso mediante el cual los compuestos nitrogenados de los tejidos de las plantas y animales se descomponen y producen amonio, el cual mediante la nitrificación se transforma en nitrito y posteriormente en nitrato, siendo cada etapa efectuada por

microorganismos específicos. La formación del amonio es realizada por las bacterias heterotróficas y las otras dos etapas son llevadas a cabo por bacterias autotróficas. La oxidación del amonio es afectada por Nitrobacter, Nitrosomonas y Nitrococcus y la del nitrito por Nitrobacter. Estos procesos requieren de condiciones aeróbicas; si el suelo permanece inundado durante cierto período, los compuestos nitrogenados son reducidos por la desnitrificación a nitrógeno, el cual se pierde en la atmósfera.



**Figura 56:** Amonificación.  
Fuente: Fertilidad del suelo y nutrientes.



Se produce en dos pasos

- $2\text{NH}_4^+ + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2^- + 4\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O} + \text{E}$   
*Nitrosomonas*
- $2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_3^- + \text{E}$   
*Nitrobacter*

Es un proceso que produce una acidificación por la liberación de  $4\text{ H}^+$

Para la nitrificación se requiere:

- aireación: procesos oxidantes
- temperatura: rango óptimo 27° - 32°
- mínimo: 1.5°
- máximo: 51°
- humedad: es necesario cierto grado de humedad. Muy mojado o seco no hay actividad
- calcáreo: estimula la nitrificación
- fertilizaciones: estimula el proceso

**Figura 57:** Nitrificación.

Fuente: Fertilidad del suelo y nutrientes.

La *fijación* es un proceso mediante el cual el nitrógeno atmosférico es utilizado por las bacterias del suelo en la formación de proteínas de sus propios organismos. Entre las bacterias fijadoras de nitrógeno más importantes se encuentran los Azotobacter y Clostridium pasteurianum, cuyos detritos al entrar en el ciclo del nitrógeno se descomponen y forman nitrato, el cual puede ser absorbido por las plantas.



**Figura 58:** Fijación del nitrógeno (N).

Fuente: Fertilidad del suelo y nutrientes.

Existen otras bacterias que penetran en las raíces de ciertas plantas, particularmente las que pertenecen a las leguminosas, dentro de las cuales se multiplican, forman nódulos y fijan el nitrógeno atmosférico, que pasa posteriormente al sistema capilar de las plantas como elemento esencial.

El nitrógeno no forma parte de la litósfera; por lo tanto, el que se halla en los tejidos de las plantas y animales procede esencialmente de la atmósfera y es transformada en el suelo por diversos microorganismos.



## 2. La Cartografía de Suelos

### 2.1 El Sistema de Clasificación Taxonómica de Suelos en el Ecuador

En el año de 1972, el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG), a través de la Dirección de Planificación y del Departamento de Regionalización Agraria, inició con un programa para el inventario y evaluación de los recursos naturales renovables del país.

Uno de los objetivos de este programa fue el inventariar el recurso suelo, y para el efecto, adoptó como sistema de clasificación taxonómica de los suelos, el sistema desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), denominado inicialmente como “Séptima Aproximación” y que luego en su versión 1977 se denominó “Soil Taxonomy”, y posteriormente en su versión 2010 (11<sup>a</sup> Edición) se denominó “Claves para la Taxonomía de Suelos”, nombre con el que se mantiene en la actualidad en su 13<sup>a</sup> edición (2022).

Este sistema representó un cambio radical en la clasificación de suelos al utilizar criterios cuantitativos en vez de los criterios cualitativos utilizados anteriormente. Por otra parte, se definen unos métodos de análisis de suelos normalizados; aspecto absolutamente imprescindible para que los resultados de los distintos laboratorios puedan ser comparables.

El Sistema de Clasificación de Suelos “Soil Taxonomy. Claves para la Taxonomía de Suelos” es un tipo de clasificación ascendente, que presenta muchas facilidades para su utilización y aplicación, y que ha sido adoptado por la mayor parte de los países de Latinoamérica y del mundo, aspecto que facilita el intercambio de información para el uso y manejo del recurso.

El Sistema “Soil Taxonomy. Claves para la Taxonomía de Suelos” reconoce seis categorías como niveles jerárquicos de clasificación de los suelos: ORDEN, SUBORDEN, GRANGRUPO, SUBGRUPO, FAMILIA y SERIE. Las tres primeras son las *categorías superiores* y las tres últimas se consideran *categorías inferiores*.

- *ORDEN*: el criterio de diferenciación a este nivel categórico esta basado en los procesos formadores del suelo y sus efectos con la presencia o ausencia de horizontes o capas denominados *diagnósticos*, los cuales pueden ser *superficiales (epipedones)* y *subsuperficiales*

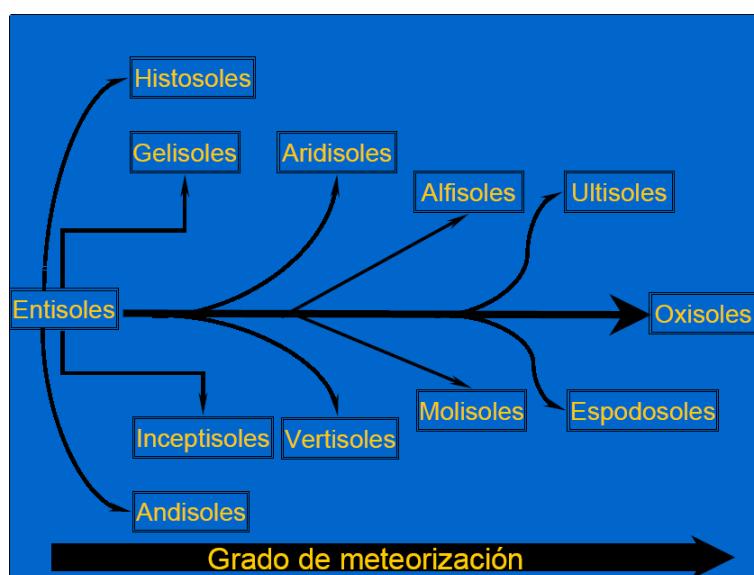
(*endopedones*), los mismos que son conceptualizados en el Apéndice 1.

El Sistema “Soil Taxonomy. Claves para la Taxonomía de Suelos” define 12 Órdenes de Suelos, cuyas características se esquematizan en la Figura 59 y su diferenciación por el grado de evolución del suelo se visualiza en la Figura 60.



**Figura 59:** Órdenes de Suelos (Soil Taxonomy).

Tomado de: Universidad de Chile. Edafología. Guía de clases prácticas. 2004  
([www.grn.cl/MANUAL %20EDAFOLOGIA %20\\_2004.pdf](http://www.grn.cl/MANUAL %20EDAFOLOGIA %20_2004.pdf))



**Figura 60:** Evolución relativa de los suelos acorde al Orden.

Tomado de: Manual Casanova. Edafología. Clasificación de Suelos.

- **SUBORDEN:** este nivel taxonómico indica una homogeneidad genética. Es una subdivisión de los Órdenes de acuerdo con la presencia o ausencia de propiedades diagnósticas asociadas con el régimen de humedad del suelo (Apéndice 2), material de partida y/o efectos de la vegetación.  
El nivel Suborden posee todos los rasgos propios del Orden al que corresponde más otros que lo distinguen de los demás Subórdenes de ese Orden.
- **GRAN GRUPO:** constituyen subdivisiones de los Subórdenes y se definen por la presencia o ausencia de horizontes o capas diagnóstico, la disposición de los horizontes, el régimen de temperatura y humedad del suelo (Apéndice 2).  
El Gran grupo presenta todos los rasgos del Orden y del Suborden al que pertenece, más otros que le son propios y los distinguen de los demás Grandes grupos de su respectivo Suborden.
- **SUBGRUPO:** constituyen clases que expresan el concepto central del Gran grupo o transiciones o integrados hacia otros Gran grupos, Subórdenes u Órdenes.
- **FAMILIA:** expresa propiedades importantes para el crecimiento de las plantas: clases texturales, mineralogía, pH, permeabilidad, espesor de los horizontes, consistencia, pendiente, grietas, régimen de temperatura del suelo.  
El número de propiedades del suelo necesarias para clasificar a nivel de familia permite agrupar suelos muy uniformes en su uso y manejo para la producción agroproductiva.
- **SERIE:** es el último nivel categórico de la taxonomía de suelos, pero a diferencia de las otras categorías, la serie generalmente no permite inferir propiedades del suelo. Su nombre viene asociado por el sitio donde se describió o reportó el suelo por primera vez y está asociado al de un pueblo, distrito o localidad.  
Establece clases y disposición de los horizontes, color, textura, estructura, consistencia o reacción de los horizontes, propiedades químicas y mineralógicas.

El Sistema “Soil Taxonomy. Claves para la Taxonomía de Suelos” utiliza para la nomenclatura en estos niveles categóricos de clasificación, predominantemente raíces latinas y griegas, que permiten dar nombres descriptivos de las propiedades de los suelos. Ejemplo:

Aridisol: latin *aridus* = seco; sol = suelo. Suelo de clima árido  
 Histosol: griego *histos* = tejido; sol = suelo. Suelo de tejidos orgánicos  
 Psamment: griego *psammos* = arena. Suelo arenoso  
 Udolls: latin *udus* = húmedo. Suelo molisol de áreas húmedas.



**Figura 61:** Niveles Jerárquicos del Soil Taxonomy.  
Tomado de: Manual Casanova. Edafología. Clasificación de Suelos.

En el presente trabajo, acorde al nivel de detalle y objetivos del mismo, para la clasificación de los suelos del país se utilizan los tres niveles categóricos superiores: Orden, Suborden y Gran grupo.

## 2.2 Esquema General de Distribución de Suelos en el Ecuador

Fuente: BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. 1982. Atlas del Mundo. Atlas del Ecuador.

El desarrollo de los suelos en el Ecuador está asociado a factores geológicos, geomorfológicos, climáticos y a la actividad volcánica que está presente en todos los eventos modeladores del paisaje natural.

Debido a las condiciones montañosas y de fuertes pendientes dominantes en el país, definidas por la presencia de varias cordilleras (Occidental y Oriental de los Andes, Costera y Subandina) y que cubren gran parte del territorio nacional, la tendencia general en los suelos es presentar un bajo o incipiente desarrollo en sus perfiles y, por lo general, predominan suelos jóvenes en su evolución.

El material generador de los suelos en el país es variado, correspondiendo a la meteorización de rocas antiguas que dan origen a suelos *in situ*; depósitos de cenizas volcánicas en forma de loess; depósitos glaciales, fluvoglaciales y aluviales que dan origen a suelos más jóvenes y de menor desarrollo.

Los grandes conjuntos de suelos en el Ecuador están distribuidos principalmente según sus diferentes factores de formación. Como un factor de agrupación se puede considerar el material original, mismo que bajo diversos regímenes climáticos, ha dado lugar a cuatro grandes grupos de suelos:

### a) Suelos aluviales

Originados a partir de aportes fluviales, comúnmente sedimentos cuaternarios. Dentro de este grupo se distinguen:

- Suelos poco o nada hidromórficos (*Fluvents*), que ocupan los valles y llanuras aluviales costeras. Presentan texturas gruesas junto a la cordillera andina y más finas lejos de ella. Son fértiles y ofrecen múltiples posibilidades agrícolas.
- En la región Amazónica, este grupo de suelos se diferencian en el origen volcánico o no de los depósitos. Los primeros, de carácter ándico (*Andic Fluventic*) son generalmente bien drenados; y, los segundos, son hidromórficos (*Aquepts, Fibrists*). Los suelos de carácter ándico representan lo esencial del potencial agrícola. La utilización de los suelos hidromórficos es problemática y requeriría de la aplicación de enmiendas muy costosas (obras de drenaje).
- Suelos de los manglares (*Sulfaquepts*), predominantemente arcillosos; se hallan saturados de agua salina y son muy ácidos.

### b) Suelos sobre proyecciones volcánicas recientes

Son suelos formados a partir de depósitos de lápillis y cenizas volcánicas que se transforman según el clima, en arcilla o alófano. Se diferencian por la edad de los depósitos o por el clima bajo el cual se desarrollan. Dentro de este grupo se tienen:

- Suelos arenosos (*Psammments y Vitrands*), que ocupan áreas alrededor de los volcanes más recientes o de zonas secas bajas andinas (depresiones ó cuencas intra-andinas). Su textura permanece arenosa y los contenidos de agua y materia orgánica son bajos. El frío o la falta de humedad impiden la alteración de la ceniza gruesa.
- Suelos francos (*Ustolls, Udolls, Haplustands*), que resultan de una meteorización más intensa de la ceniza volcánica, debido a que están situados en climas más húmedos y temperados que los anteriores. Son ricos en materia orgánica y en nutrientes.

- Suelos alofánicos húmedos (*Hapludands/ Melanudands*), que se sitúan en la parte alta de la cordillera andina y sierra volcánica, en lugares húmedos, lo que ha favorecido la formación de alófano en lugar de arcilla, como producto de la alteración de la ceniza. Su capacidad de retención de agua es alta y va de 50 a 100 %. Son más ricos en materia orgánica que los anteriores, pero más pobres en nutrientes. El frío y las pendientes, más que su fertilidad limitan su utilización.
- Suelos alofánicos muy húmedos (*Hidrudands/Melanudands*), son suelos de zonas más lluviosas, como las estribaciones exteriores de la cordillera andina, o ya sea por originarse de depósitos de ceniza antiguos. Con un contenido muy alto de alófano, una capacidad de retención de agua muy alta (mayor al 100 % y hasta 300 %) y una lixiviación casi completa de nutrientes. Su fertilidad es muy baja y su utilización agropecuaria muy problemática.

### c) Suelos sobre materiales antiguos

Constituyen suelos derivados de materiales sedimentarios del terciario o pliocuaternario. Sin importar sus orígenes, la influencia del clima sobre estos materiales es determinante, favoreciendo la presencia de arcilla más o menos rica en sílice. Entre estos se distinguen los siguientes grupos:

- Suelos con predominio de arcilla tipo montmorillonita (*Vertisoles, Ustepts* vérticos). De regiones en donde el clima seco limita la alteración de las rocas en profundidad e intensidad; las bases y el sílice están poco lixiviados, lo que favorece en los suelos la presencia de arcillas expandibles (montmorillonita, illita) y de elementos nutritivos. Estos suelos son de buena fertilidad y ofrecen grandes posibilidades agrícolas.  
Los vertisoles se han desarrollado sobre rocas sedimentarias, generalmente arcillosas; la acumulación, el equilibrio o la ausencia de carbonato de calcio corresponden a un aumento en la pluviosidad. Estos suelos, de textura pesada, son muy plásticos cuando están húmedos, y muy duros y fisurados cuando están secos. Se los conoce como suelos expansivos, dado que sufren procesos de expansión y contracción, condición que genera constante inestabilidad en las obras civiles efectuadas sobre ellos y donde su desestabilización es frecuente. La utilización de estos suelos requiere condiciones especiales, tanto desde el punto de vista de la ingeniería como de la preparación para agricultura.  
Los *Paleargids, Paleustalfs* ocupan ciertas zonas planas y se caracterizan por un horizonte superior arenoso o limoso sobre una capa más arcillosa. Suelos sin características vérticas (sin grietas o fisuras), aunque a menudo muy arcillosos se presentan en las zonas húmedas y son más o menos ricos según el gradiente de precipitación (*Uderts, Eutrudepts, Hapludalfs*). Los Molisoles (*Haplustolls, Argiudolls*) están ubicados en lo alto de la cordillera costanera, donde la humedad permanente favorece la acumulación de materia orgánica. Los suelos rejuvenecidos por erosión, poco profundos y de textura ligera, se sitúan sobre mesas de arenisca fuertemente disectadas (*Eutrudepts* delgados).
- Suelos con arcilla tipo caolinita. Suelos rojos o rojizos caracterizados por un horizonte de alteración C muy profundo. El grado de meteorización es más fuerte que en el caso de los suelos antes descritos. Son entonces suelos menos fértiles. Se encuentran sobre las regiones más lluviosas del país tal el caso de la Amazonía y nor oriente costero. El aumento de las precipitaciones y una temperatura constante alta, tienden a la alteración profunda y total de los minerales de las rocas; las bases y el sílice se lixivian, lo que favorece la presencia de caolinita. Estos suelos son generalmente muy pobres y poseen características asociadas con procesos de mayor alteración, lo cual genera menos aporte de elementos requeridos por las plantas y mayor dependencia nutritiva de su fracción orgánica; son suelos de ciclo largo donde predominan los óxidos de hierro y aluminio. La exuberancia de la vegetación de selva que se desarrolla sobre estos suelos, se explica por el reciclaje de los nutrientes en el horizonte superficial. Los más ricos en nutrientes (*Eutrudepts* óxicos, *Hapludalfs*), están en

regiones menos húmedas de la región costera occidental y estribaciones bajas occidentales; en cambio, aquellos totalmente desaturados (*Distrudept*s), ocupan la mayor parte de la provincia de Esmeraldas y de la Región Amazónica, zonas caracterizadas por su alta humedad.

**d) Suelos minerales**

Corresponden a los afloramientos rocosos, situados sobre coladas volcánicas recientes de las Islas Galápagos o en las cimas de la cordillera; a las nieves perpetuas de la cordillera o los suelos superficiales (*Orthents*) de áreas completamente erosionadas zonas secas.



### 3. Taxonomía y Caracterización de los Suelos del Ecuador

De acuerdo con el Mapa General de Suelos del Ecuador que se incorpora en el presente documento en el Apéndice 5.

#### 3.1 Orden Entisoles

(Ing Recent = reciente, en formación)

Suelos muy poco evolucionados (es el Orden de suelos con más baja evolución). Sus propiedades están ampliamente determinadas (heredadas) por el material original.

Tienen muy poca o ninguna evidencia de formación o desarrollo de horizontes pedogenéticos (no presentan horizontes claramente diferenciados). Su perfil es del tipo A/C (en algunas ocasiones existe horizonte B, pero sin que tenga el suficiente desarrollo como para poder ser designado como horizonte diagnóstico).

De los horizontes diagnósticos sólo presentan aquellos que se originan fácilmente. Casi siempre, un epipedón ócrico.

Hay muchas razones por las cuales no se han formado horizontes en estos suelos. Muchos de ellos son suelos jóvenes; y por tanto, el tiempo de desarrollo ha sido muy corto; otros se encuentran sobre fuertes pendientes y están sujetos a erosión permanente; otros están constituidos por materiales muy antiguos que contienen arenas de cuarzo y otros minerales muy resistentes y, por tanto, no forman horizontes sino con extrema lentitud; otros se hallan sobre planicies de inundación, condiciones éstas que no permiten el desarrollo del suelo ya que reciben permanentemente aportes de materiales de arrastre; y otros pueden hallarse bajo ambientes climáticos muy secos o áridos que no favorecen los procesos de formación.

Los Entisoles en el país, de manera general, se presentan bajo diversidad de climas y relieves. Suelen ocurrir sobre las pendientes fuertes de relieves colinados y montañosos, en donde la pérdida de suelos es más rápida que su formación; o en relieves llanos y regulares, en donde la acumulación

de materiales es continua, tal el caso de las llanuras y valles aluviales, estuarios, terrazas, playas, etc.

Las condiciones de bajo desarrollo pedogenético del suelo limitan su uso agroproductivo; los principales problemas para su aprovechamiento constituyen el reducido espesor del suelo, la severa erosión, rocosidad, excesiva presencia de materiales gruesos, la susceptibilidad a inundaciones, el bajo contenido de nutrientes debido a la baja meteorización de los minerales constitutivos; sin embargo, cabe destacar que se tienen también Entisoles fértiles formados a partir de aluviones en las llanuras y valles aluviales de los principales drenajes fluviales que cruzan el territorio nacional, superficies éstas que sirven de sustento a una agricultura intensiva, tal es el caso de los suelos de la cuenca baja del río Guayas, en donde se cultiva banano, café y cacao para la exportación.

Los siguientes Subórdenes y Grandes grupos de los Entisoles se identifican en el país:

### 3.1.1 Suborden Orthents

(*Gr Orthos: lo común, central*)

Son los Entisoles formados sobre superficies de erosión reciente (relieves colinados y/o montañosos de fuertes pendientes). La erosión puede ser de origen geológico o producto del cultivo intenso u otros factores, que han removido o truncado completamente los horizontes del suelo, dejando expuesto a la superficie el material primario grueso (arenas, gravas, piedras, etc.), ó material volcánico fino cementado (cangahua). Se presentan bajo cualquier régimen climático y cuando sostienen vegetación, ésta es muy escasa o efímera.



(a) Superficies de erosión de la serranía andina norte  
Provincia de Imbabura.



(b) Superficies de erosión. Colinas bajas sobre cangahua en las vertientes internas bajas andinas  
Vía Panamericana norte.



(c) Superficies de erosión. Planicies adyacentes a los conos volcánicos en la sierra central  
Volcán Chimborazo, provincia de Bolívar.



(d) Superficies de erosión. Relieves colinados de la región costera central  
Provincia de Manabí.



(e) Taludes escarpados de quebradas en el paisaje andino. (f) Taludes escarpados de quebradas en el paisaje andino.

**Figura 62:** Paisajes de Distribución de Suelos Orthents.

Dentro de este Suborden y de acuerdo con las condiciones de humedad y temperatura, se identifican los siguientes Grandes grupos:

- **Udorthents**

Constituyen los Orthents de áreas húmedas.

Bajo ambientes temperados se los encuentra sobre los relieves montañosos y socavados de pendientes muy fuertes en las vertientes internas bajas del sur de la cordillera andina, en donde se hallan constituidos de materiales primarios gruesos arenosos o arcillo arenosos, mezclados con gravas y/o piedras.

En ambientes temperados a cálidos, se los ubica sobre las fuertes pendientes de los relieves colinados en los rellenos sobre terrazas del piedemonte andino occidental y estribaciones exteriores bajas de la Cordillera Occidental, en donde están formados de materiales detríticos (arenas mezcladas con cantos rodados, gravas y/o piedras).

Bajo ambientes cálidos se los identifica en las pendientes escarpadas de los relieves sedimentarios costeros (mesas, cuestas y colinas) y de la Cordillera Subandina Amazónica, en donde están constituidos por materiales finos arcillosos y arenas cuarcíticas, respectivamente.

Simbología en el mapa: 1, 2, 3, 4.

- **Udorthents y/o Ustorthents**

Son los Orthents de zonas secas y/o húmedas.

Bajo ambientes fríos, se los tiene sobre los relieves suaves a ondulados cerca de los conos volcánicos en la parte norte y central de la sierra andina, en donde están constituidos por afloramientos de capas de pómex con cenizas y/o gravas.

Bajo ambientes temperados, se los identifica sobre los relieves accidentados de las vertientes internas de la parte norte y central de la cordillera andina, en donde corresponden a afloramientos de cangahua que se halla en superficie debido al severo proceso erosivo ocasionado por el intenso uso agrícola de estas zonas.

Además, bajo ambientes temperados se desarrollan en las quebradas y valles de la provincia insular de Galápagos, en donde están constituidos por afloramientos de lavas.

Simbología en el mapa: 5, 6.

- **Ustorthents y/o Torriorthents**

Constituyen los Orthents de áreas secas a muy secas.

Bajo ambientes temperados y/o cálidos se los ubica en los relieves socavados de las vertientes interiores de la cordillera andina, en donde están formados por materiales arcillo arenosos mezclados con gravas, piedras y/o cantos rodados.

Bajo ambientes cálidos se los encuentra sobre los escarpes de los relieves sedimentarios costeros (colinas, mesas y cuestas) y en la cordillera costera, en donde están conformados por afloramientos de materiales gruesos arenosos mezclados con gravas y piedras y/o materiales sedimentarios antiguos primarios (areniscas, arcillas, conglomerados).

Simbología en el mapa: 7, 8.



**(a)** Udorthent sobre cangahua  
Sector Rancho Chico, Quizapincha (3200-3300 msnm)  
Provincia de Tungurahua.



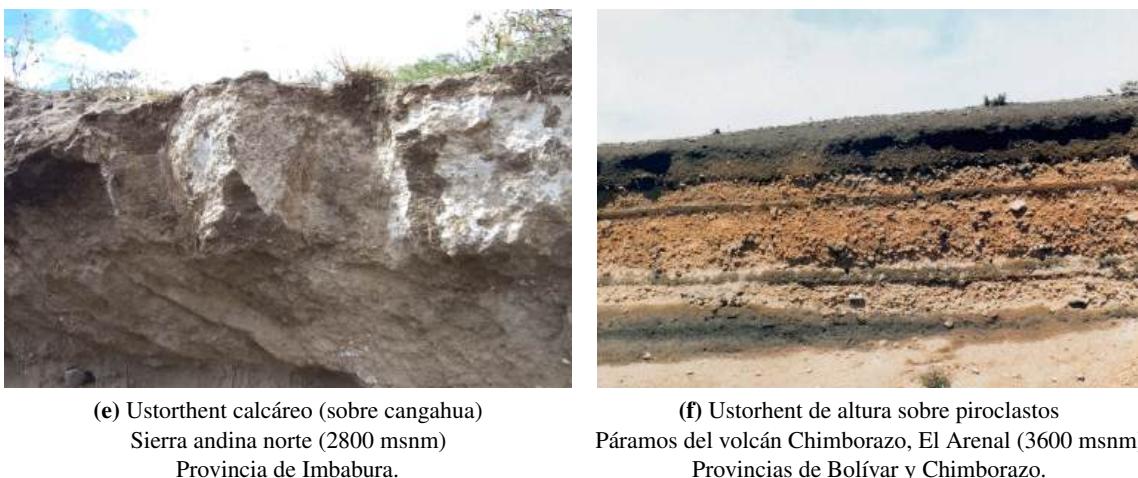
**(b)** Udorthent de relieves sedimentarios  
Cerro de los Osos, Los Guayabos (600-800 msnm)  
Provincia de El Oro.



**(c)** Ustorthent  
Colinas sedimentarias (arcillas, areniscas) en la costa norte.  
Sector Same, cantón Atacames (20 msnm)  
Provincia de Esmeraldas.



**(d)** Ustorthent  
Sector La Esperanza, Pedro Carbo (330 msnm)  
Provincia del Guayas.



**Figura 63:** Perfiles de Suelos Orthents.

### 3.1.2 Suborden Psammets

(Gr *Psammos*: arena)

Son los Entisoles con predominio de materiales arenosos de depósitos recientes. Se desarrollan principalmente bajo climas secos a muy secos, templados y/o cálidos. Son muy permeables y tienen muy baja capacidad de retención de agua. Cuando están secos y desprovistos de vegetación, son muy susceptibles a los procesos de erosión eólica. Su contenido de materia orgánica es muy bajo (<1 % entre 0 a 20 cm, PRONAREG-ORSTOM) y, en general, son profundos.

Los Grandes grupos de este Suborden son diferenciados de acuerdo con el régimen climático bajo el cual se desarrollan. Éstos son:

- **Ustipsamments**

Constituyen los Psamments de áreas secas y templadas que se distribuyen en el centro y norte de la sierra andina, sobre los relieves suaves y regulares en la parte inferior de las vertientes internas y en las cuencas intra-andinas.

Son suelos de colores pardo claro, texturas arenosas finas a medias; su pH es neutro a ligeramente alcalino. En la mayoría de los casos, se presentan bajo vegetación de pastizales.

Simbología en el mapa: 9.

- **Ustipsamments y/o Torripsamments**

Son los Psamments de climas secos a muy secos y cálidos. Se localizan sobre los relieves planos en las playas antiguas y/o actuales de las zonas litorales y marinas –sectores centro y sur occidental- de la región costera. Se caracterizan por presentar conchas marinas, material calcáreo y sales.

Simbología en el mapa: 10.



**(a)** Paisaje andino de suelos Psamment  
Sierra central, sector Palmira (3600 msnm)  
Provincia de Chimborazo.



**(b)** Paisaje andino de suelos Psamment  
Sector Palmira (3600 msnm)  
Provincia de Chimborazo.



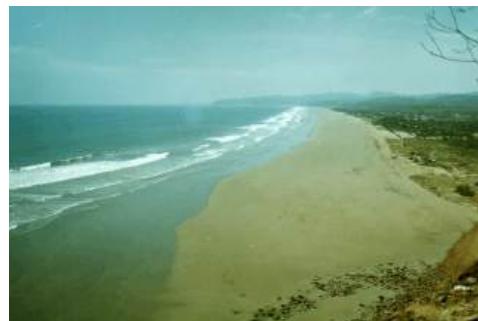
**(c)** Paisaje de suelos Psamment  
Valle interandino central, sector Yaló (2100 msnm)  
Provincia de Cotopaxi.



**(d)** Paisaje de suelos Psamment (faja costera norte)  
Sector Same-Casablanca (0 msnm)  
Provincia de Esmeraldas.



**(e)** Paisajes de playas costeras con suelos Psamment.



**(f)** Paisaje de suelos Psamments (faja costera central)  
Manglaralto (0 msnm), provincia de Manabí.



**(g)** Ustipsamment costero  
Mompiche (7 msnm), provincia de Esmeraldas.



**(h)** Ustipsamment de serranía andina  
Vía Mocha-Quero (2800 msnm), provincia de Tungurahua.

**Figura 64:** Paisajes y Perfiles de Suelos Psamments.

### 3.1.3 Suborden Fluvents

(*L Fluvios: río, fluvial*)

Entisoles formados por sedimentos aluviales recientes sobre planicies de inundación, abanicos y deltas de los ríos, terrazas y llanuras. Su característica principal constituye el presentar capas estratificadas de variada textura y distribución irregular en el contenido de materia orgánica en el perfil del suelo.



**Figura 65:** Paisaje aluvial con suelos Fluvents.  
Niveles de terrazas aluviales del río Quevedo (70 msnm), provincia de Los Ríos.

Se definen como Grandes grupos:

- **Udifluvents y/o Ustifluvents**

Son los Fluvents de zonas húmedas y/o secas y cálidas. Están localizados sobre los relieves de pendientes suaves de terrazas fluviales, bancos y diques de las llanuras aluviales costeras, en donde están constituidos por capas con predominio de texturas gruesas arenosas, con o sin presencia de gravas, y son generalmente profundos.

Se los identifica además sobre los relieves planos de los valles, terrazas, llanuras y cuencas deprimidas costeras, en donde las capas del suelo presentan un predominio de texturas medianas a finas (franco arenosas, limosas y arcillo limosas); son profundos e inundables.

Generalmente se encuentran bajo cultivos intensivos y/o con huertos de arboricultura tropical.

Simbología en el mapa: 11 y 12.



**Figura 66:** Paisaje de suelos Fluvents: terraza aluvial.



**(a)** Udifluvent arenoso  
Terraza baja, río Esmeraldas (15 msnm)  
Sector Chinca, provincia de Esmeraldas.



**(b)** Udifluvent gravilloso y pedregoso  
Terraza baja, río Cosanga (2000 msnm)  
Baeza, provincia de Napo.



**(c)** Udifluvent pedregoso  
Terraza baja del río Angamarca (1450 msnm)  
Cantón Pangua, provincia de Cotopaxi.



**(d)** Udifluvent pedregoso  
Terraza baja del río Quevedo (70 msnm)  
Quevedo, provincia de Los Ríos.



**(e)** Udifluvent fino (limoso, arenoso)  
Terraza media del río Bobonaza (600 msnm)  
Sector Montalvo, provincia de Pastaza.

**Figura 67:** Perfiles de Suelos Fluvents.

### 3.1.4 Suborden Aquentis

(*L Aqua: agua*)

Son los Entisoles permanentemente saturados de agua. Estos suelos presentan colores grises, azulado-verdosos con manchas rojizas y/o negruzcas. Se encuentran bajo cualquier tipo de vegetación tolerante a la humedad.

Se define un Gran grupo:

- **Sulfaquents**

Suelos con predominio de texturas finas, arcillosas y pesadas, que tienen una elevada cantidad de sales, principalmente de sulfatos.

Se localizan de manera específica en los relieves planos de las zonas litorales y marinas costeras, formando parte de estuarios y marismas, y donde el agua es salobre y sostiene el ecosistema de manglar.

No son aptos para los cultivos.

Simbología en el mapa: 13.



**Figura 68:** Paisaje de Sulfaquents (estuario y ecosistema de manglar)  
Río Esmeraldas (0 msnm), provincia de Esmeraldas.





**Figura 69:** Superficies de suelos Sulfaquents en el estuario y ecosistema de manglar del río Esmeraldas (0 msnm). Esmeraldas, provincia de Esmeraldas.

### 3.2 Orden Inceptisoles

(*L Inceptum: incipiente, inicio, reciente*)

Suelos que evidencian un incipiente desarrollo pedogenético, dando lugar a la formación de algunos horizontes alterados (horizonte B bien definido). Constituyen una etapa subsiguiente de evolución en relación con los Entisoles; sin embargo, son considerados inmaduros en su evolución. Su perfil típico es A/B/C.

La definición de los Inceptisoles es compleja. Abarca suelos que son pobremente drenados a suelos bien drenados y con la presencia de algunos horizontes diagnósticos. El perfil ideal de los Inceptisoles incluye una secuencia de un epipedón ócrico ó úmbrico sobre un horizonte cámbico.

Los Inceptisoles ocurren bajo cualquier tipo de clima, se han originado de una alta variedad de materiales parentales y sobre una gran diversidad de relieves. El uso de estos suelos es muy diverso y variable.

Dentro de este orden se identifican los siguientes Subórdenes y Grandes grupos:

#### 3.2.1 Suborden Udepts

(*L Uodus = húmedo*)

Son los Inceptisoles de regiones húmedas a muy húmedas. Presentan un epipedón ócrico ó úmbrico sobre un horizonte cámbico.

Los Grandes grupos son diferenciados por el contenido de bases determinado por el régimen de humedad:

- **Distrudepts**

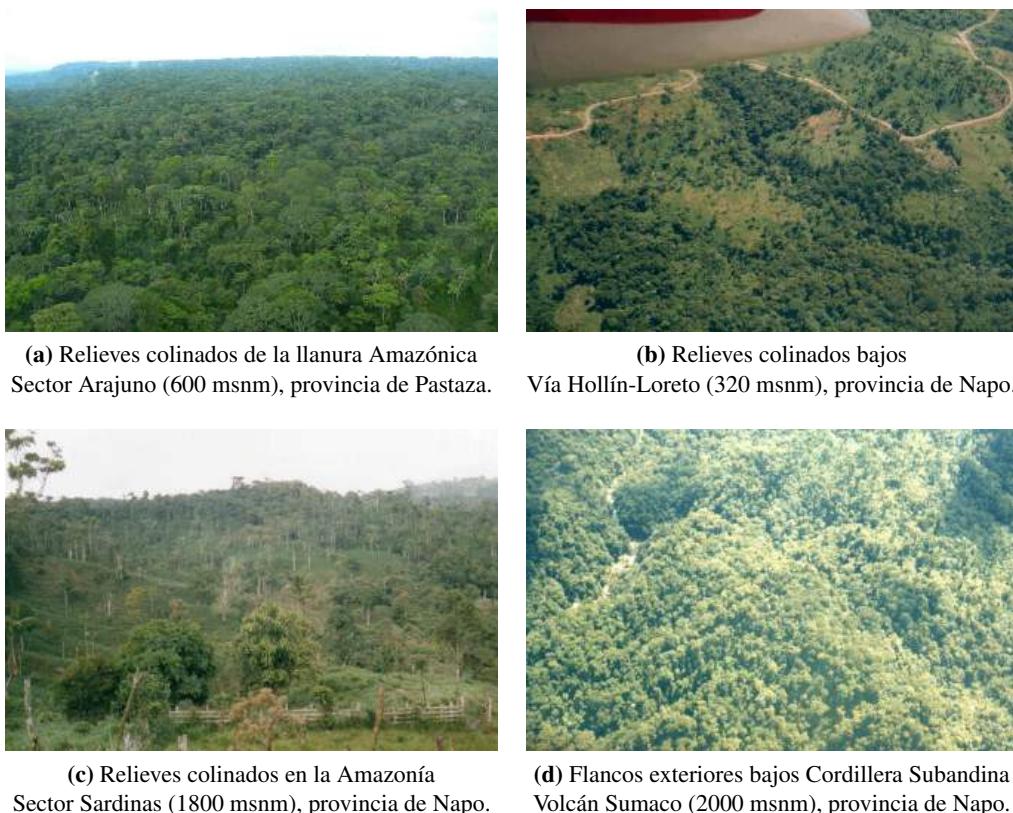
Son los Udepts ácidos y desaturados en bases, formados a partir de rocas ácidas de diverso origen o bajo condiciones de alta precipitación o ambas condiciones a la vez.

Estos suelos presentan colores pardo, rojizo y/o rojizo amarillento; texturas medias a finas (franco arcillosas a arcillosas ó arcillo limosas), con una baja saturación en bases y pH ácido a muy ácido; son muy lixiviados, con un alto o medio contenido de aluminio intercambiable y de baja fertilidad natural. Su mineralogía presenta un predominio de arcillas caoliníticas.

Bajo ambientes cálido-húmedos, se los identifica en los relieves dissectados y mesas del piedemonte andino de la Cordillera Oriental en donde se forman a partir de materiales sedimentarios de origen volcánico, areniscas, arenas, conglomerados; en los relieves colinados de la cuenca amazónica en donde se desarrollan a partir de materiales sedimentarios antiguos (arcillas, pudingas); en las

pendientes irregulares de los relieves sedimentarios costeros -colinas, mesas y cuestas- desarrollados a partir de materiales sedimentarios antiguos (areniscas, arcillas, limos, conglomerados); y, en las pendientes suaves de valles fluviales en la parte nor-oriental de la región costera, desarrollados a partir de materiales aluviales recientes (arenas, limos, arcillas, cantos rodados).

Bajo climas templados a subcálidos y húmedos, estos suelos se distribuyen en las fuertes pendientes de la Cordillera Subandina en la región Amazónica, en las estribaciones exteriores bajas y medias de la Cordillera Oriental, en las vertientes altas de la serranía andina sur y en los conos volcánicos de la región insular de Galápagos, en donde se forman a partir de materiales metamórficos, rocas volcánicas y/o volcano-sedimentario antiguo, areniscas, arcillas, granitos.



**Figura 70:** Paisajes de Suelos Distrudepts.

El uso de estos suelos es bastante restringido debido a limitantes dados especialmente por la baja fertilidad del suelo, fuerte acidez, ausencia de reservas de nutrientes y la toxicidad por presencia de aluminio intercambiable. Sin embargo, sus propiedades físicas son muy favorables.

En la mayor parte de las superficies de la Costa y Amazonía ecuatorianas en las que se desarrollan estos suelos, mayoritariamente se encuentran bajo sistemas agroproductivos tradicionales no tecnificados. En estos sistemas de explotación, el suelo se cultiva durante un año o muy pocos años y luego se abandona para permitir la regeneración natural de la fertilidad. El proceso de agotamiento no es reversible o lo es en bajo grado, por lo cual estos sistemas conducen a la degradación química de los suelos. Ello es particularmente válido en la zona de la baja Amazonía, en donde las superficies que fueron inicialmente intervenidas para cultivos en el proceso de colonización de los años 70, actualmente se encuentran degradadas y abandonadas. De manera general, se ha observado que en suelos Distrudepts en la Amazonía, que han sido utilizados con pastizales, al cabo de 4 u 8 años,

la productividad de los potreros empieza a decaer, se afecta el drenaje y se presentan evidencias de compactación por pisoteo y tránsito de los animales, y finalmente se da inicio a una invasión de rebrotos secundarios, con un cambio lento hacia el aparecimiento de superficies con bosque secundario, pasturas naturales o de barbecho.

Simbología en el mapa: 14, 15, 16, 17, 18.



(a) Distrudept amarillo rojizo  
Relieve colinado de la llanura amazónica (300 msnm)  
Provincia de Orellana.



(b) Distrudept pardo rojizo  
Relieve colinado sobre areniscas Santa Rosa, vía Puyo-Tena  
(1000-1200 msnm)  
Provincia de Pastaza.



(c) Distrudept rojo sobre arcillas antiguas  
Bloque 16 (300 msnm)  
Provincia de Orellana.



(d) Distrudept esquelético (coluvionado)  
Sector Chupianza-Méndez (600 msnm)  
Provincia de Morona Santiago.



(e) Distrudept amarillo  
Cordillera Subandina El Carmen-Méndez (600-800 msnm)  
Provincia de Morona Santiago.



(f) Distrudept amarillo  
Sitio Chupianza Grande (800 msnm)  
Méndez, provincia de Morona Santiago.



(g) Distrudept rojo sobre conglomerado  
Bloque 16 (300 msnm)  
Provincia de Napo.



(h) Distrudept óxico  
Los Guayabos (600-800 msnm)  
Provincia de El Oro.

**Figura 71:** Perfiles de Suelos Distrudepts.

#### • Eutrudepts

Son los Udepts de áreas subhúmedas, con moderado contenido en bases y pH ligeramente ácido a neutro; texturas medias a finas (franco arcillosas a arcillosas). De mediana fertilidad natural. Su mineralogía está constituida por arcillas de tipo caolinítico y/o montmorillonítico.

Bajo ambientes fríos a temperados se los identifica sobre los relieves de pendientes variables en las vertientes internas del callejón interandino en la región Sierra sur en donde se originan a partir de material volcánico antiguo y/o volcánico-sedimentario antiguo (arenas, tobas, arcillas y conglomerados). Presentan color pardo rojizo a amarillo y su profundidad es variable.

Bajo ambientes cálidos, se desarrollan sobre los relieves sedimentarios costeros (mesas, cuestas y colinas) en pendientes variables y en donde se originan a partir de sedimentos antiguos (areniscas, arcillas y conglomerados). Presentan color amarillo o pardo amarillento, de profundidad variable, con características vírticas (agrietados en seco) y posibilidad de fragmentos gruesos (gravas, piedras) dentro del perfil.

Además, se los ubica sobre los relieves suaves y planos de las llanuras aluviales, fluviales y/o fluvio marinas, en las regiones costera y amazónica, en donde se originan a partir de materiales sedimentarios recientes de origen aluvial, depósitos fluvio marinos y/o fluviales (arenas, limos arcillas y cantos rodados). Se presentan de color pardo, texturas finas estratificadas, profundos y con posibilidad de agua en profundidad.

Bajo condiciones de buen drenaje, estos suelos son aptos para la agricultura, así como también para el establecimiento de pastizales.

Simbología en el mapa: 19, 20, 21.



(a) Eutrudept vértico  
Sector Mata Chivato (100-150 msnm)  
Provincia de Santa Elena.



(b) Eutrudept colinas sedimentarias costeras (areniscas)  
Sector San Gregorio, Pedro Pablo Gómez (500-600 msnm)  
Provincia del Guayas.



(c) Eutrudept aluvial  
Sector Olmedo, vía Noboa-Balzar (80 msnm)  
Provincia de Manabí.



(d) Eutrudept vertientes internas andinas sur  
Sector Paute-Mazar (2000-2200 msnm)  
Provincia de Azuay.

**Figura 72:** Perfiles de Suelos Eutrudepts.

### 3.2.2 Suborden Ustepts

(*L Ustus = quemado*)

Son los Inceptisoles de regiones secas a muy secas, saturados en bases, pH neutro a ligeramente alcalino, de texturas medias a finas (franco arcillosas a arcillosas), vérticos, bajo contenido de materia orgánica, pesados y duros en seco. Con predominio de montmorillonita en su mineralogía. Generalmente, cuando no disponen de regadío, estos suelos se hallan bajo vegetación de bosque deciduo o sabana.

Se reconoce un Gran grupo:

- **Haplustepts**

De climas cálidos y secos; se distribuyen en las pendientes regulares de las partes bajas de los relieves sedimentarios costeros (mesas, cuestas y colinas) en donde se originan a partir de materiales sedimentarios antiguos: areniscas, limos, arcillas, conglomerados. Son suelos de color pardo oscuro, de texturas arcillosas y posibilidad de piedras. Son ricos en bases de cambio y de buena fertilidad natural. Generalmente exhiben grietas cuando están secos.

Se los tiene además en las pendientes regulares del piedemonte andino occidental y en las pen-

dientes suaves de los valles fluviales y llanuras aluviales costeras, originados a partir de material sedimentario reciente: depósitos coluvio aluviales, fluviales y/o fluvio marinos (arenas, arcillas, limos, conglomerados). Presentan color pardo, texturas finas estratificadas y su profundidad es variable.

El mayor uso de estos suelos está dado en los pastizales tropicales y son aptos para cultivos bajo condiciones de riego artificial.

Simbología en el mapa: 22, 23.



(a) Haplustept paralithic  
Sector La Esperanza (80 msnm), cantón Guayas  
Provincia del Guayas.



(b) Haplustept vèrtico  
Sta. Teresita, vía Balzar-La Trampa (50-70 msnm)  
Llanura antigua de depositación.



(c) Haplustept vèrtico  
Sector Febres Cordero, Chongón y Colonche (80-100 msnm). Colinas sedimentarias. Provincia del Guayas.



(d) Haplustept lithic  
Santa Isabel (1600-1800 msnm)  
Provincia del Azuay.

**Figura 73:** Perfiles de Suelos Ustepts.

### 3.2.3 Suborden Aquepts

(*L Aqua: agua*)

Son los Inceptisoles que se encuentran saturados de agua. Su drenaje natural es pobre o muy pobre, y si no han sido drenados artificialmente, el agua superficial permanece durante algún tiempo del año en el suelo.

Presentan coloraciones oscuras o grisáceas, con gran cantidad de moteados indicadores de mal drenaje.

Se han desarrollado sobre depósitos o depresiones de grandes áreas planas y planicies de inundación.



(a) Depresiones de la llanura antigua costera (10-15 msnm).



(b) Llanura aluvial en la región amazónica (300-320 msnm).



(c) Llanura amazónica  
Sector Ávila, vía Hollín-Loreto (320 msnm).



(d) Llanura costera reciente  
Sector Daule (10-15 msnm), provincia del Guayas.

**Figura 74:** Paisajes de Distribución de Suelos Aquepts.

Un Gran grupo se define:

• **Humaquepts**

Aquepts de áreas tropicales, secas o húmedas. Son suelos de colores grises con moteados rojizos o negruzcos. Poseen una tabla de agua fluctuante que se mantiene relativamente alta durante casi todo el año.

En climas húmedos y cálidos se los identifica sobre las terrazas, pantanos y depresiones de las llanuras aluviales y valles fluviales de la Amazonía, en donde se desarrollan a partir de material aluvial reciente (limos, arcillas) o sobre viejos sedimentos arcillosos. Presentan texturas arcillosas, arcillo limosas o limosas y, en ocasiones, exhiben un horizonte superficial orgánico fibroso (epipedón hístico); el pH es ácido y su fertilidad natural es baja.

Bajo un régimen húmedo y/o seco y cálido se los localiza en los relieves de pendientes planas en la llanura aluvial costera (cuenca del río Guayas) en donde se desarrollan a partir de materiales aluviales (depósitos fluviales y/o fluvio marinos: arenas, limos, arcillas, cantos rodados). Presentan colores pardos a grises, texturas arcillosas y arcillo arenosas; son profundos; el pH es ácido y su fertilidad natural es baja.

Su uso agroproductivo está orientado a los cultivos de arroz y/o a los pastizales. Para otros cultivos, su uso es muy restringido debido a problemas en su manejo generados por el mal drenaje y el nivel freático superficial.

Simbología en el mapa: 24, 25.



(a) Humaquept  
Estero Pepe, La Mayronga (120 msnm)  
Provincia de Esmeraldas.



(b) Humaquept



(c) Humaquept  
Río Yukipa (300 msnm)  
Provincia de Morona Santiago.



(d) Humaquept  
Chupianza, vía Zamora-28 de Mayo (800 msnm)  
Provincia de Zamora Chinchipe.

**Figura 75:** Perfiles de Suelos Aquepts.

### 3.3 Orden Andisoles

(*J Ando = negro*)

Constituyen los suelos derivados de cenizas volcánicas. Poseen alófano e imogolita en forma abundante y presentan más desarrollo pedogenético que los Entisoles, pero no hasta el punto de cubrir el material parental volcánico.

El alófano es un material amorfo (arcillas amorfas), el cual con el tiempo se transforma en gibsita, montmorillonita o caolinita. La rápida intemperización es la clave para estos suelos que se transforman de material volcánico a arcillas. El alófano produce una alta fijación de aniones como el fosfato y el floruro, lo cual es un aspecto restrictivo muy importante para el uso agrícola de los suelos, ya que, si bien pueden poseer grandes cantidades de fósforo, éste se encuentra retenido en el suelo en forma no disponible para las plantas, y por tanto, se requieren de altas dosis de fertilizaciones fosfatadas para obtener buenos rendimientos.

Del alófano dependen las características peculiares de los Andisoles y que incluyen la gran capacidad de retención de agua y la alta capacidad para fijar fósforo<sup>1</sup> y no dejarlo disponible para las

<sup>1</sup>Fijación de fósforo: la fijación de P en el suelo es un proceso natural que puede llevar a una deficiencia de este elemento aun cuando el contenido total de fósforo en el suelo pueda ser alto. La fijación fosfórica es un proceso específico de

plantas; tienen densidad y carga permanente baja; poseen carga variable, alto porcentaje de carbono orgánico, límites líquidos y plásticos altos, además de tener una inusual toxicidad de aluminio cuando se hallan en áreas muy húmedas.

Espinosa J. 2008 (Distribución, uso y manejo de los suelos de la región andina. En X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Octubre 2008), señala que la capacidad de inmovilizar el fósforo (P) es quizás el principal factor limitante en los suelos de cenizas volcánicas. Indica que la capacidad de fijar fósforo varía con el tipo de arcilla presente y añade que por mucho tiempo se pensó que la fijación de P ocurría solamente en la superficie activa de la alofana e imogolita. La evidencia actual, dice el autor, indica que el humus acumulado en los suelos de cenizas volcánicas fácilmente acompleja metales como el aluminio (suelos de altura); este aluminio, a su vez, reacciona con el  $HPO_4^-$  y  $H_2PO_4^-$ , reteniendo fuertemente el P.

Evidencias indirectas obtenidas en suelos de ceniza volcánica, dice el autor, indican que la fijación de P se correlaciona fuertemente con el contenido de carbono en el suelo (complejos humus-Al); y, aparentemente, los suelos dominados por alofana e imogolita tienden a fijar menos P.

La ocurrencia de los Andisoles está, en o cerca, de las montañas que tienen actividad volcánica (principalmente en la región andina, central y norte), las mismas que han recibido aportes de cenizas volcánicas muy importantes.

El clima ideal para la formación de los Andisoles está asociado con precipitaciones que no alcancen a ser superadas por la evapotranspiración, o que ello se produzca en períodos cortos. Cuando el agua no es limitante, se conservan los materiales amorfos dando origen a los productos alofánicos.

Los productos de alteración mineral reaccionan con los compuestos producidos por la descomposición de la materia orgánica, compuestos húmicos, para formar un complejo de adsorción orgánico-mineral que se acumula, originando los horizontes oscuros.

En climas que tienen una pronunciada estación seca, los suelos formados de cenizas volcánicas básicas pueden tener una alta saturación de bases y un epipedón mólico. En aquellos suelos formados en climas húmedos sin estaciones secas, es común que tengan un epipedón úmbrico. Normalmente presentan un alto contenido de carbón orgánico, con excepción de los suelos de cenizas muy recientes. Se encuentran bajo diversas formas de vegetación de acuerdo a la región climática.

Característica principal de estos suelos es que, debido a que pueden ser originados de diferentes aportes volcánicos, presentan muchas veces “horizontes enterrados”<sup>2</sup>, que corresponden a anteriores capas superficiales ricas en materia orgánica.

---

adsorción que ocurre principalmente en los suelos con altos contenidos de óxidos de Fe -hematita, goetita- y óxidos de Al-gibrita- y minerales arcillosos -principalmente caolinita. Se verifica también en suelos derivados de cenizas volcánicas (Andisoles).

<sup>2</sup>Suelo enterrado: si existe un manto superior de nuevo material que tiene un espesor de 50 cm o más.



(a) Andisol isomésico: vertiente alta andina, estación Minitrak-Cotopaxi (3100 msnm). (b) Andisol isotérmico: vertiente baja andina, Toachi-Pichincha (900 msnm). (c) Andisol isofrígido: sierra alta andina, vía Pujilí-Zumbahua (3650 msnm), provincia de Cotopaxi.

**Figura 76:** Horizontes enterrados en Andisoles andinos.



(a) Sierra alta andina (páramos) (>3600 msnm)

(b) Vertientes altas andinas (ceja andina) (3200-3600 msnm)



(c) Verientes interiores andinas (2800-3200 msnm)



(d) Estribaciones exteriores andinas (3200-3500 msnm)



(e) Vertientes interiores andinas, medias y bajas (2800-3200 msnm)



(f) Vertientes bajas andinas y callejón interandino (2500-2800 msnm)



(g) Valle o depresión intra-andina  
(2300-2500 msnm)

(h) Esterribaciones bajas andinas  
(1200-1800 msnm)

**Figura 77:** Paisajes de Distribución de Andisoles.

Los Subórdenes y Grandes grupos identificados en el país son los siguientes:

### 3.3.1 Suborden Cryands

(Gr *Kryos* = frío)

Comprenden los Andisoles que se desarrollan bajo un régimen de temperatura isofrígido (cryico) con temperaturas a 50 cm por debajo de los 8°C. En estos suelos, la acumulación de materia orgánica es notable debido a su baja descomposición, determinada por este tipo de clima.



(a) Paisaje de alta montaña  
Páramos del Antisana (>3500 msnm)  
Provincia de Pichincha.

(b) Páramos del Parque Nacional Cayambe-Coca  
(4000 msnm)  
Provincias de Pichincha y Napo.

**Figura 78:** Paisajes de Distribución de los Cryands.

Un Gran grupo se identifica:

- **Haplocryands**

Son los Cryands que se desarrollan en las partes altas de los relieves montañosos de la cordillera andina, por lo general sobre los 3500 msnm, que constituyen los páramos andinos, y en donde las condiciones climáticas son muy extremas (alta humedad, frío constante y alta nubosidad). Se encuentran bajo vegetación natural herbácea (paja de páramo).

Son suelos de color negro, profundos, poseen una retención de humedad media a alta (inferior a 100 %), gran cantidad de carbono orgánico y un bajo contenido de bases.

Presentan texturas medias (franco a franco limosas), alto contenido de materia orgánica y potasio;

son pobres en nitrógeno y fósforo.

Pese a la casi ausencia de bases en muchos de estos suelos, ellos no son particularmente ácidos.

Los factores limitantes para su uso agroproductivo constituyen las fuertes pendientes, la baja fertilidad y el clima extremo (heladas, exceso de humedad, alta nubosidad).

Simbología en el mapa: 26.



(a) Haplocryand  
Páramos de Santa Isabel (3780 msnm)  
Provincia del Azuay.



(b) Haplocryand lithic  
Páramos de Quimsacocha, Loma Aguarongo (3750m)  
Provincia del Azuay.



(c) Haplocryand  
Vía Salinas-El Arenal (3600 msnm)  
Provincia de Bolívar.



(d) Haplocryand  
Vía Pujilí-Zumbahua, Cerro Achayandi, Saraucha  
(3600 msnm)  
Provincia de Cotopaxi.



(e) Haplocryand  
Páramos del Parque Nacional Cayambe-Coca (3800 msnm)  
Provincias de Pichincha-Napo.

**Figura 79:** Perfiles de Suelos Cryands.

### 3.3.2 Suborden Udands

(*L udus* = húmedo)

Son los Andisoles que se desarrollan bajo ambientes húmedos a muy húmedos, fríos, temperados y cálidos, que se localizan sobre las fuertes pendientes de las estribaciones exteriores y vertientes internas de la cordillera andina.

Los Grandes grupos dentro del suborden son los siguientes:

- **Hydrudands**

Son los Udands que presentan muy elevada capacidad de retención de agua (desde 100 hasta 300%). Se los identifica en regiones frías, templadas y/o cálidas, con muy alta pero bien distribuida precipitación, que forman parte de las estribaciones exteriores y vertientes interiores altas de la cordillera andina, por lo general bajo los 3500 msnm.

Estos suelos tienen siempre un contenido de humedad por debajo de la capacidad de campo. La lixiviación es casi un proceso continuo; la alteración de los materiales primarios es casi completa, pero los productos alterados son una mezcla de alofanas, materia orgánica y sesquioxídos libres, siendo común la presencia de gibsita.

Los suelos presentan colores oscuros y negros en las partes altas y frías y se vuelven pardos en las zonas medias templadas y amarillos o pardos amarillentos en las zonas bajas, cálidas y subcálidas. Presentan texturas limosas, son muy untuosos al tacto, el pH es ácido y su fertilidad natural es baja.

Son suelos con características limitativas para el uso agroproductivo. Son muy restrictivos para su uso en actividades ganaderas debido a que la baja densidad aparente en su horizonte superior los hace muy susceptibles al pisoteo. En la Amazonía se ha observado que estos suelos bajo pastoreo directo se degradan en un período de 4 a 5 años.

Simbología en el mapa: 27.



(a) Hydrudand de altura (isofrígido)  
Sector Agualongo, laguna Yanacocha (3800 msnm) Provincia del Azuay.



(b) Hydrudand temperado (isotérmico)  
Estribaciones orientales, Qda. Sopladora (1800 msnm) Provincia de Morona Santiago.



(c) Hydrudand subcálido (isohipertérmico)  
Sector Yukipa (1250 msnm)  
Provincia de Morona Santiago.



(d) Hydrandep cálido (isohipertérmico)  
Vía Puyo-Tena (900 msnm)  
Cono de esparcimiento. Teniente Hugo Ortiz.



(e) Hidrudand subcálido (isohipertérmico)  
Cono de esparcimiento, sector Santa Ana, vía Macas-Sevilla Don Bosco (1000 msnm)  
Provincia de Morona Santiago.

**Figura 80:** Perfiles de Suelos Hydrudands.

#### • Hapludands/Melanudands

Son los Udands que presentan una capacidad de retención de humedad media a alta (desde 20 a 100%). Se los identifica en regiones frías, templadas y/o cálidas, húmedas a muy húmedas, pero con estaciones secas, generalmente bajo los 3500 msnm. Los minerales normalmente han sido alterados existiendo gran cantidad de vidrio volcánico dentro del primer metro de profundidad.

En la Sierra andina, bajo condiciones climáticas que van desde subcálidas a frías, húmedas a muy húmedas, se localizan formando parte de los relieves irregulares que caracterizan a las estribaciones exteriores y vertientes internas de la cordillera andina.

En la Costa y Amazonía, bajo condiciones climáticas húmedas y cálidas, se los encuentra en los relieves regulares y suaves formados por los procesos de depósito aéreo, arraste y colmatación de materiales volcánicos desde las partes altas andinas, como son las llanuras aluviales, los conos de deyección y esparcimiento, los valles y terrazas fluviales.

Los suelos se caracterizan por su bajo contenido en bases de cambio (<50%) y su pH ácido. Presentan color negro en las zonas frías y se vuelven pardos en las partes medias temperadas y amarillos en las zonas bajas cálidas y subcálidas. Su profundidad es variable de acuerdo con el relieve sobre el cual se desarrollan. Las texturas son medianas (francas a franco limosas); tienen un alto contenido de materia orgánica y potasio; son pobres en nitrógeno y fósforo.

Los factores limitantes para su uso agropecuario son las fuertes pendientes de los relieves montañosos.

sos andinos, la baja fertilidad del suelo y su elevada capacidad de fijación de fósforo.

Simbología en el mapa: 26, 28.



**(a)** Hapludand/Melanudand vítrico de altura  
(3200 msnm)  
Provincia de Cotopaxi.



**(b)** Hapludand/Melanudand isotérmico (subcálido)  
Sector Íntag (800 msnm)  
Provincia de Imbabura.



**(c)** Hapludand/Melanudand de áreas bajas, subcálidas  
Angamarca (770 msnm)  
Provincia de Cotopaxi.



**(d)** Hapludand/Melanudand de áreas templadas  
Vía Valle Hermoso-Los Bancos (1800 msnm)  
Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.



**(e)** Hapludand/Melanudand  
río Guayllabamba (500 msnm)  
Noroccidente de Pichincha.



**(f)** Hapludand/Melanudand de áreas subcálidas  
(isohipertérmico)  
sector Toachi (900 msnm).



(g) Hapludand/Melanudand vítrico isomésico  
Estación Minitrak (3100 msnm)  
Provincia de Cotopaxi.



(h) Hapludand/Melanudand subcálido coluvionado  
Sector Cosanga (2000 msnm)  
Provincia de Napo.



(i) Hapludand/Melanudand isotérmico  
Esteraciones bajas de la Cordillera Oriental (1000  
msnm)  
Sector Cosanga, provincia de Napo.



(j) Hapludand/Melanudand isomésico  
Sector Quero (3000 msnm)  
Provincia de Tungurahua.



(k) Hapludand/Melanudand isomésico  
Sector Quero (3000 msnm)  
Provincia de Tungurahua.

**Figura 81:** Perfiles de Suelos Hapludands/Melanudands.

### 3.3.3 Suborden Ustands

(*L Ustus = quemado*)

Son los Andisoles de áreas subhúmedas a secas.

Los Grandes grupos dentro del surborden son los siguientes:

- **Haplustands**

Son los Ustands que se distribuyen en climas subhúmedos originados a partir de cenizas recientes suaves y permeables. Contienen gran cantidad de materiales amorfos, alto contenido de bases de cambio (>50 %) y un pH ligeramente ácido a neutro. Normalmente presentan un epipedón mólico, texturas franco a franco limosas con arena muy fina; son ricos en materia orgánica y su fertilidad natural es media.

Bajo ambientes fríos a temperados se los ubica en las pendientes irregulares de las vertientes internas del norte y centro del callejón interandino. Exhiben colores oscuros a parduzcos.

Bajo ambientes cálidos se identifican sobre las ondulaciones suaves de las llanuras aluviales costeras, en donde se presentan de color pardo a pardo rojizo.

Su utilización agroproductiva es muy amplia y se hallan generalmente bajo cultivos, pastizales y arboricultura tropical.

Simbología en el mapa: 29.



(a) Haplustand de la vertiente interior andina  
Sector Píntag (3000 msnm)  
Provincia de Pichincha.



(b) Haplustand costero  
Sector Quevedo (70 msnm)  
Provincia de Los Ríos.

**Figura 82:** Perfiles de Suelos Haplustands.

### 3.3.4 Suborden Vitrands

(*L Vitrum = vidrio*)

Son los Andisoles que poseen un alto contenido de material piroclástico vítreo (vidrio, ceniza gruesa, pómez) débilmente intemperizados y una baja capacidad de retención de humedad.



(a) Cuenca intra-andina central  
Sector Latacunga-Laso (2900-3000 msnm)  
Provincia de Cotopaxi.

(b) Vertiente interior andina  
Sector Zumbahua (3300-3500 msnm)  
Provincia de Cotopaxi.

**Figura 83:** Paisajes de Distribución de Suelos Vitrands.

Un Gran grupo se identifica:

- **Udivitrands y/o Ustivitrands**

Son los Vitrands de áreas subhúmedas y/o secas.

En ambientes fríos y muy fríos se hallan sobre las pendientes suaves de la Sierra alta andina (áreas adyacentes a los conos volcánicos). Bajo ambientes temperados, se los encuentra sobre las partes inferiores de las vertientes interiores bajas andinas y parte baja de las cuencas intra-andinas del norte y centro del callejón interandino.

Suelos de color pardo a pardo oscuro, profundos, de texturas gruesas (arenosas francas, franco arenosas; a veces con alto contenido de gravilla de pómez); la saturación de bases es variable de acuerdo a la naturaleza de la ceniza o el pómez y/o a la precipitación. De bajo contenido de materia orgánica en el horizonte superficial (1 %), pH ligeramente ácido a neutro y baja retención de humedad (<15 %).

Son aptos para cultivos bajo riego, teniendo como limitaciones la elevada permeabilidad y baja fertilidad natural.

Simbología en el mapa: 30.



(a) Ustivitrand  
Sector volcán Quilotoa (3300 msnm)  
Provincia de Cotopaxi.

(b) Udivitrand  
Sector Quero (3000 msnm)  
Provincia de Tungurahua.

**Figura 84:** Perfiles de Suelos Vitrands.

### 3.3.5 Suborden Aquands

(*L Aqua = agua*)

Son los Andisoles que tienen un régimen de humedad ácuico (saturados en agua), causado por problemas de drenaje o por la presencia de capas impermeables y, por lo general, se ubican en áreas depresionales andinas.

Un Gran grupo se identifica:

- **Cryaquands**

Son los Aquands de las regiones frías, húmedas a muy húmedas de la Sierra alta andina, que están formando parte de las depresiones altoandinas (páramos) y que se hallan bajo vegetación de “almohadillas” y chaparral húmedo.

Presentan un horizonte superficial rico en materia orgánica poco meteorizada (epipedón hístico), de color pardo oscuro sobre un suelo alofánico limoso de color negro.

Tiene severas limitaciones para su uso agroproductivo, tanto por las extremas condiciones climáticas como por las características de mal drenaje en el suelo.

Simbología en el mapa: 31.



**(a)** Depresiones altoandinas pantanosas  
Páramos del Antisana (3600 msnm)  
Provincia de Pichincha.



**(b)** Depresiones altoandinas pantanosas  
Páramos del Antisana (3600 msnm)  
Provincia de Pichincha.



**(c)** Depresiones pantanosas  
Parque Nacional Cayambe-Coca (4000 msnm)  
Provincias de Pichincha y Napo.



**(d)** Ambientes lacustres (ciéregos y pantanos)  
Páramos de Santa Isabel (3800 msnm)  
Provincia del Azuay.



(e) Cryaquand fibrico  
Páramos de Santa Isabel (3800 msnm).



(f) Cryaquand histórico  
Páramos del Parque Nacional Cayambe-Coca (4000 msnm).

**Figura 85:** Paisajes y Perfiles de Suelos Cryaquands.

### 3.4 Orden Vertisoles

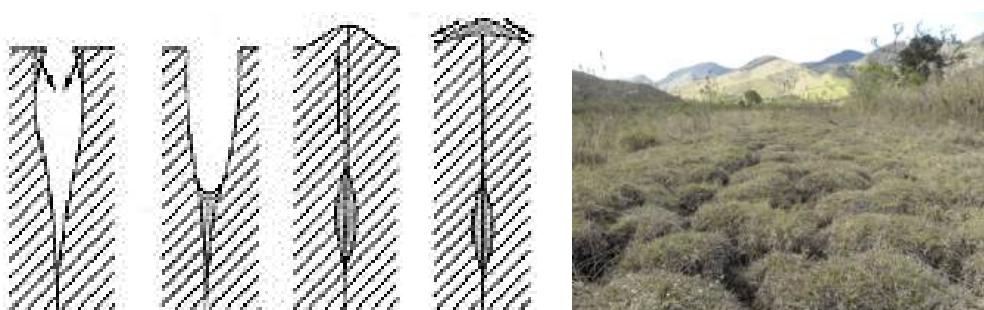
(*L Verteré = voltear, invertido*)

Suelos con alto contenido de arcilla (>30 %) de la cual la mayor parte es del tipo expandible (2:1) y, por ello, los suelos cuando se secan muestran anchas y profundas grietas que se cierran cuando se humedecen. Presentan además *slikensides* (cutanes de presión).

El proceso de expansión y contracción del suelo riza el terreno formando el microrelieve característico de las superficies en las que se desarrollan y que se conoce como “*microrelieve gilgai*”.

Este microrelieve se da lugar debido a que las grietas que permanecen abiertas durante todo el período seco se van llenando de diversos materiales que caen desde las paredes superiores y desde la superficie del suelo, fundamentalmente debidas a las acciones de los animales, del viento y de la propia desecación progresiva. Las grietas quedan así parcialmente llenadas, especialmente en profundidad, y al llegar el período húmedo, las arcillas hinchan, aumentan de volumen, pero no pueden ocupar el espacio que ocupaban inicialmente debido a estar ahora ocupado por los materiales allí caídos; hay en definitiva un exceso de material que produce unas fuertes presiones que voltean al material sobrante a la superficie del suelo, produciendo estos montículos característicos denominados *gilgai*. Como resultado de esta mezcla periódica, de materiales que suben y bajan, se origina un suelo muy homogéneo.

De la génesis expuesta se deduce que, para que se desarrolle este proceso, se requiere que el suelo disponga de un alto contenido de arcillas hinchables e igualmente se necesita de un clima contrastado que facilite las fases periódicas de hinchamiento y contracción.



**Figura 86:** Formación de microrelieve *gilgai*.



**Figura 87:** Superficies de presión (slikensides)  
[https://constructopostnormal.files.wordpress.com/2007/03/microsoft-powerpoint-presentaci\\_363n-4-chile.pdf](https://constructopostnormal.files.wordpress.com/2007/03/microsoft-powerpoint-presentaci_363n-4-chile.pdf).

Por lo general, los Vertisoles tienen poca materia orgánica, alta saturación en bases y predominio de montmorillonita en su composición mineralógica.

Sus características físicas definen limitaciones para su utilización agrícola; son muy pesados en húmedo y extremadamente duros en seco; además, presentan un reducido movimiento del agua.

Su fertilidad natural es alta, pero son difíciles de trabajar con los instrumentos de labranza.



(a) Grieta abierta en un Vertisol.



(b) Vertisol con intensos procesos de edafoturbación mecánica.



(c) Superficies de Vertisoles  
 Cuenca baja del río Guayas (5-10 msnm)  
 Provincia del Guayas.



(d) Microrelieve *gilgai* en vertisoles de la llanura aluvial de la cuenca baja del río Guayas (5-10 msnm)  
 Provincia del Guayas.

**Figura 88:** Suelos Vertisoles.

Los Subórdenes están definidos por el número de días en que las grietas<sup>3</sup> permanecen abiertas, condición esta que se relaciona con el régimen de humedad.

<sup>3</sup>Grietas: también denominadas “grietas extra-estructurales”, son fisuras diferentes a las atribuidas a la estructura del suelo, de hecho, son más largas y amplias que estos planos de debilidad que separan a los agregados del suelo.

### 3.4.1 Suborden Usterts y/o Torrerts

(*L Ustus* = quemado)

(*L Torridus* = cálido, seco)

Son Vertisoles de áreas secas a muy secas que exhiben grietas durante la mayor parte del año (90 días o más al año, aunque no todo el año) si no están bajo riego.

Los Grandes grupos identificados son:

- **Haplusterts y/o Haplotorrerts**

Suelos de colores oscuros, negros a grises; texturas arcillosas; profundidad variable; duros en seco y pesados en húmedo; tienen un pH ligeramente alcalino y presentan contenido variable de carbonato de calcio; a veces con alto contenido de fragmentos gruesos poco alterados; su fertilidad natural es mediana.

Bajo ambientes temperados a cálidos, se los identifica sobre los relieves suaves formados por depósitos coluviales detríticos antiguos de origen volcánico en las partes bajas de la cordillera andina en la parte sur del país.

En ambientes cálidos, se los ubica sobre los relieves suaves a fuertemente ondulados (pequeñas colinas, cuencas o antiguas playas levantadas) de la región costera en donde se originan a partir de sedimentos de origen marino o fluvio-marino (areniscas, arenas, conglomerados).

Simbología en el mapa: 32, 33.



**(a)** Haplustert (colinas bajas costeras)  
Sector La Esperanza (244 msnm)  
Provincia del Guayas.



**(b)** Haplustert  
Sector Pedro Carbo (50-60 msnm)  
Provincia del Guayas.



**(c)** Haplustert costero  
Provincia de Manabí.



**(d)** Haplustert lítico andino  
Sector Chictic (2100 msnm)  
Paute, Provincia del Azuay.

**Figura 89:** Perfiles de Suelos Haplusterts y/o Haplotorrerts.

- **Haplusterts**

Suelos que se ubican sobre relieves planos de la llanura aluvial reciente de la región costera en donde se originan a partir de sedimentos aluviales (limos y arcillas).

Presentan colores oscuros, negros a grises; texturas arcillosas; profundos; duros en seco y pesados en húmedo; tienen un pH neutro a ligeramente alcalino y presentan poco contenido de carbonato de calcio; a veces con el nivel freático alto, cuando se hallan bajo cultivos de arroz; su fertilidad natural es media.

Simbología en el mapa: 34.



**Figura 90:** Paisajes de Suelos Haplusterts

Paisaje de vertisoles en la llanura aluvial reciente en la región costera. Cuenca baja del río Guayas (5-10 msnm), provincia del Guayas.

### 3.5 Orden Aridisoles

(*L Aridus = árido*)

Son los suelos de regiones áridas y semi-áridas cuya característica esencial es tener un déficit de agua permanente o casi permanente. Debido a esta escasez de agua, algunos de estos suelos tienen exceso de sales y/o de sodio que puede limitar seriamente el crecimiento de los cultivos. En estas regiones, los procesos formadores de suelos son más lentos; hay relativamente poca vegetación y poca incorporación de materia orgánica en el suelo.

Se los identifica en las zonas cálidas y secas de la costa ecuatoriana. Tienen un epipedón ócrico que yace sobre un horizonte argílico o cámbico. Estos horizontes pueden haberse formado bajo el clima actual, pero con frecuencia pueden ser heredados de una fase climática previa.

El perfil es de tipo ABC (A/Bt/C; A/Bw/C). De colores claros, con bajo contenido de materia orgánica, de espesores delgados a medios, poseen una elevada saturación de bases, reacción alcalina a neutra y baja actividad biológica. El bajo contenido en materia orgánica motiva la acumulación de elementos como boro, arsénico y selenio, hasta alcanzar niveles tóxicos.

En estos suelos, la evapotranspiración es mayor que la precipitación en la mayoría de los meses, fenómeno que afecta los procesos formativos, en especial las pérdidas y traslocaciones, y genera transformaciones en su mayoría de naturaleza física. Es de destacar que el proceso de iluviaión de arcilla se desarrolla ampliamente en algunos de estos suelos.

Están cubiertos en general por una vegetación escasa y xerofítica. Su utilización implica graves limitaciones por el exceso de sales presentes y la dotación de riego es imprescindible por el prolongado déficit de agua.

En condiciones naturales, la escasa humedad limita severamente el uso de estos suelos, cuya utilización está restringida al pastoreo extensivo.

Cuando es factible el riego, la productividad de estos suelos puede incrementarse y diversificarse de manera significativa, aprovechando las condiciones favorables de una atmósfera seca y una alta radiación solar. Para ello, debe corregirse o prevenirse la salinidad del suelo, un riesgo que puede ser severo si no se practica un drenaje adecuado o se emplean aguas de riego de baja calidad.



(a) Planicies costeras  
Península Santa Elena (5-10 msnm)  
Provincia de Santa Elena.



(b) Planicies costeras  
Sector Arenillas-Huaquillas (11 msnm)  
Provincia de El Oro.

**Figura 91:** Paisajes de Aridisoles.

Los Subórdenes se definen en función de los horizontes diagnósticos:

### 3.5.1 Suborden Argids

(*L Argilla = arcilla blanca*)

Constituyen los Aridisoles que han desarrollado un epipedón ócrico (delgado, de colores claros y bajo en materia orgánica) sobre un horizonte argílico o iluvial, en donde se han acumulado arcillas silicatadas.

Un Gran grupo se define:

- **Haplargids**

Son aquellos Argids de colores claros, texturas arcillo arenosas o arcillosas, con presencia de montmorillonita en su composición mineralógica lo que determina la aparición de grietas cuando están secos; de profundidad variable; extremadamente duros en seco; pH ligeramente alcalino.

Se ubican sobre superficies de relieves planos a ondulados de antiguas playas levantadas y glacis costeros en donde se originan a partir de depósitos marinos y fluvio marinos (arcillas, arenas, areniscas conchíferas).

Simbología en el mapa: 35.

### 3.5.2 Suborden Cambids

(*L Cambiare = con horizonte cámbico*)

Son los Aridisoles que no poseen horizonte argílico o iluvial pero sí un horizonte cámbico bajo el epipedón ócrico. Se desarrollan sobre superficies costeras de sedimentos más o menos jóvenes.

Un Gran grupo se identifica:

- **Haplocambids**

Son los Cambids que tienen un epipedón ócrico sobre un horizonte cámbico. Presentan colores amarillentos, texturas limosas o franco limosas, pH alcalino a ligeramente alcalino.

Se localizan sobre superficies planas a onduladas de antiguas playas levantadas y glacis de la región costera y se desarrollan a partir de depósitos marinos y fluvio-marinos (arcillas, arenas y areniscas conchíferas).

Simbología en el mapa: 36.



**Figura 92:** Haplocambid vértico en relieve sedimentarios costeros  
Sector Javita de San Marcos, vía Colonche-San Vicente (40-60 msnm)  
Provincia de Santa Elena.

### 3.5.3 Suborden Salids

(*L Sal = con horizonte sálico*)

Son Aridisoles que presentan un horizonte de acumulación de sales (horizonte sálico).

Se identifica un Gran grupo:

- **Haplosalids**

Son los Salids que presentan colores oscuros, texturas arcillo limosas, con encrustamientos blanquecinos en superficie como producto de la acumulación de sales provocada por efecto de la capilaridad y evaporación del agua salina.

Se distribuyen en la región costera sobre los relieves planos de zonas litorales y marinas (salitales) que se han formado a partir de depósitos marinos y/o fluvio marinos (limos y arcillas salinas). Se hallan cubiertos por una vegetación raquíctica (pastos) tolerantes a la salinidad.

Simbología en el mapa: 37.



**Figura 93:** Paisaje de Salids en relieve costeros (cordones litorales)  
San Pablo-Monteverde (5 msnm), provincia del Guayas.

### 3.6 Orden Molisoles

(*L Mollis = mullido, blando*)

Los Molisoles son en su mayoría suelos de color negro, ricos en bases de cambio (más del 50%) y una estructura que no puede ser masiva ni dura, con gran acumulación de carbono y nitrógeno.

Han formado un horizonte superior de gran espesor, oscuro, con abundantes materiales orgánicos y de consistencia y estructura favorables al desarrollo radicular (epipedón mólico), debiendo destacarse para ello la acción de microorganismos y lombrices.

En estos suelos pueden presentarse también procesos de translocación de arcillas que permiten la formación de un horizonte iluvial o argílico.

Son suelos fértiles que, con adecuado manejo, producen rendimientos muy elevados.

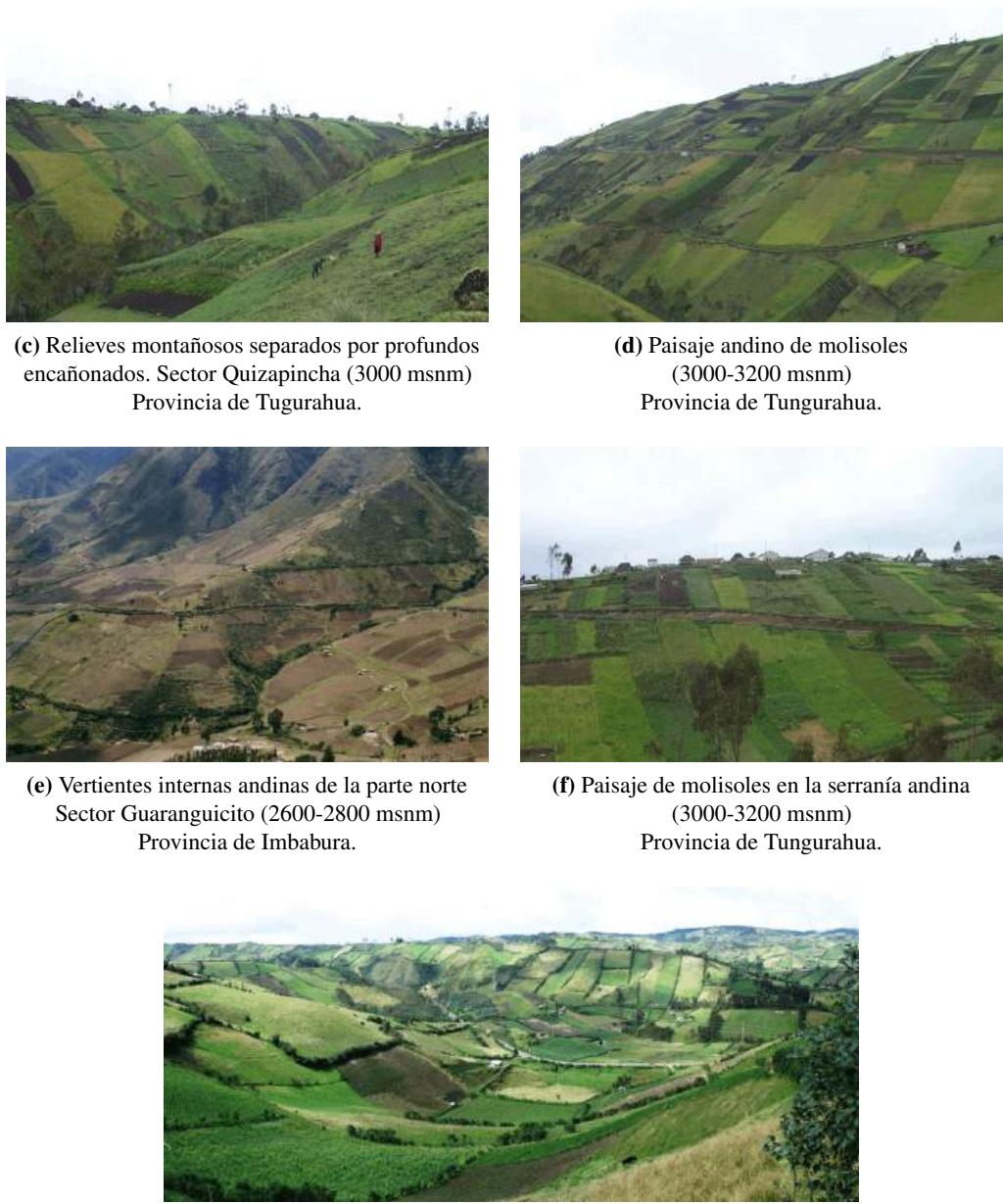
Los Molisoles se encuentran cubriendo áreas con regímenes secos o húmedos, cálidos y/o templados de la sierra y de la costa ecuatorianas, y se encuentran en general bajo cultivo.



**(a)** Relieves ondulados de las vertientes internas  
andinas (3000-3200 msnm)  
Provincia de Tungurahua.



**(b)** Relieves abruptos de las vertientes andinas  
(3000-3200 msnm)  
Provincia de Tungurahua.



**Figura 94:** Paisajes de Molisoles de la sierra norte.

A nivel de Suborden son diferenciados de acuerdo con criterios referidos a las condiciones de humedad.

### 3.6.1 Suborden Udolls

(*L Udu*s = húmedo)

Son los Molisoles de zonas con clima húmedo, por lo que el suelo no permanece seco ni siquiera 90 días al año ó 60 días acumulativos. En lo que se refiere a la temperatura, pueden desarrollarse bajo condiciones que van de frías a cálidas. La mayoría de estos suelos se hallan cultivados, siendo en la Sierra los cereales, papa y maíz los cultivos más importantes.

Los Grandes grupos se definen de acuerdo con la presencia de capas y horizontes diagnósticos:

- **Duriudolls**

Son los Udolls que se han desarrollado sobre depósitos de ceniza antigua dura y cementada (cangahua). Se localizan bajo ambientes fríos y temperados en las vertientes interiores del callejón interandino, en la parte central y norte, sobre relieves de pendientes muy irregulares.

Se caracterizan por presentar color negro a pardo oscuro, textura arcillo arenosa, pH neutro y buena fertilidad natural. La capa de cangahua subyacente se encuentra siempre a menos de 1 m de profundidad. Son aptos para cultivos, especialmente de aquellos que no tienen raíces profundas, como son las hortalizas.

Simbología en el mapa: 38.



**(h)** Duriudoll  
Sector Quizapincha (3000-3200 msnm)  
Provincia de Tungurahua.



**(i)** Duriudoll  
Sector Guaranguicito, vía El Sagrario - Ambuquí  
Provincia de Imbabura (2600 msnm).

**Figura 95:** Perfiles de Suelos Duriudolls.

- **Hapludolls**

Udolls que normalmente tienen un horizonte cámbico de color parduzco inmediatamente debajo del epipedón mólico también de color parduzco un poco más oscuro.

En climas húmedos y templados están desarrollados a partir de cenizas volcánicas recientes, suaves y permeables y se los localiza sobre las concavidades de la parte baja o cuenca intra-andina y vertientes inferiores, en el centro y norte de la cordillera andina, en donde se presentan de color negro, texturas arcillo arenosas o limosas con arena y a veces con gravas y piedras (en los sectores coluvionados), pH ligeramente ácido y buena fertilidad natural.

En climas húmedos y cálidos se los encuentra sobre las pendientes irregulares de los relieves sedimentarios costeros (colinas, mesas y cuestas) y de la cordillera costera. En este caso, los suelos presentan color pardo rojizo, textura arcillosa o arcillo limosa y la profundidad es variable; son suelos fértiles.

Se los ubica además en las llanuras y valles aluviales costeros, en donde se caracterizan por presentar horizontes de texturas variables (franco arenosas, arcillosas y franco arcillosas), son profundos, el pH es ligeramente ácido a neutro y su fertilidad natural es alta.

En todos los casos, estos suelos, por sus buenas condiciones de fertilidad y manejo, son muy aptos para toda clase de cultivos.

Su simbología en el mapa es: 39, 40, 41, 42.



**(a)** Hapludoll costero en relieve sedimentario  
Cascol-La Victoria, Chongón-Colonche (100 msnm) Jipijapa, El Capricho-Pedro Pablo Gómez (500 msnm)  
Provincia de Manabí.



**(b)** Hapludoll costero  
Provincia de Manabí.



**(c)** Hapludoll vértico sobre areniscas  
Sector Bajo Grande, Pedro Pablo Gómez (560 msnm)  
Provincia de Manabí.



**(d)** Hapludoll costero  
Sector Pedro Carbo (50 msnm)  
Provincia del Guayas.

**Figura 96:** Perfiles de Suelos Hapludolls.

#### • Argiudolls

Udolls que se caracterizan por poseer un horizonte argílico bajo el epipedón mólico. De color negro a pardo muy oscuro; texturas arcillosas a arcillo arenosas; pH ligeramente ácido y buena fertilidad natural, pudiendo encontrarse cangahua a más de 1 m de profundidad.

Se han desarrollado sobre proyecciones volcánicas de ceniza reciente, fina y permeable, en climas húmedos y templados. Su mayor distribución se localiza en las pendientes variables de las vertientes interiores del centro y norte de la cordillera andina. Son suelos muy aptos para la agricultura y ganadería.

Simbología en el mapa: 43.



**Figura 97:** Argiudoll  
Sector Cerro Ilaló (2500 msnm), provincia de Pichincha.

### 3.6.2 Suborden Ustolls

(*L Ustus = quemado*)

Son los Molisoles de zonas con condiciones climáticas secas. La sequedad es frecuente en estos suelos, por lo cual requieren de irrigación artificial para ser cultivados.

Los Grandes grupos están diferenciados por la presencia de ciertas capas u horizontes diagnósticos.

- **Durustolls**

Ustolls en los cuales la cangahua (duripán) está dentro de 1 m de profundidad y bajo un epipedón mólico de color pardo.

Están desarrollados sobre proyecciones volcánicas de ceniza antigua, dura y cementada (cangahua) y se encuentran en el norte y centro del callejón interandino en pendientes variables de las vertientes internas y bajo ambientes temperados.

Presentan texturas arcillo arenosas, pH neutro a ligeramente alcalino y presencia de carbonato de calcio.

Aunque tienen utilización agropecuaria, comúnmente presentan limitantes para su uso por la falta de agua y por su poca profundidad.

Simbología en el mapa: 44.



**(a)** Durustoll  
Vía Salcedo-Laguna de Anteojos, Sector Papaurco  
(2800 msnm). Provincia de Cotopaxi.



**(b)** Durustoll  
Vía Pujilí-Zumbahua (3000 msnm)  
Provincia de Cotopaxi.

**Figura 98:** Perfiles de Suelos Durustolls.

• **Haplustolls**

Ustolls que tienen un horizonte cámbico o el material ligeramente alterado, debajo del epipedón mólico.

En climas templados se los localiza en las vertientes interiores del centro y norte del callejón interandino. Son suelos profundos, arenosos finos o franco limosos con incremento de arcilla en profundidad, pH neutro a ligeramente alcalino y buena fertilidad natural.

En climas secos y cálidos se los identifica sobre las pendientes irregulares de los relieves sedimentarios costeros (colinas, mesas y cuestas). Son suelos de color pardo a pardo rojizo, medianamente profundos; de textura arcillosa mezclada con piedras. Son suelos aptos para agricultura.

Simbología en el mapa: 45, 46.



(a) Haplustoll sobre areniscas  
San Plácido (430 msnm), Pedro Pablo Gómez  
Provincia de Manabí.



(b) Haplustoll esquelético  
Vía Olón-Dos Ríos (300-400 msnm),  
Chongón-Colonche  
Provincia de Manabí.



(c) Haplustoll vértico sobre areniscas  
San Plácido-Pedro Pablo Gómez (390 msnm)  
Provincia de Manabí.



(d) Haplustoll lítico  
Sector La Esperanza (244 msnm)  
Provincia del Guayas.

**Figura 99:** Perfiles de Suelos Haplustolls.

• **Argiustolls**

Son los Ustolls que tienen horizonte argílico bajo el epipedón mólico.

Bajo ambientes temperados, se han desarrollado a partir de ceniza volcánica reciente, fina y permeable, en los relieves colinados de las vertientes interiores y partes bajas andinas, en la Sierra centro y norte.

Sobre relieves planos, concavidades u ondulaciones de las vertientes y partes bajas andinas del

centro y norte, se han desarrollado sobre depósitos coluviales de diferente origen, cenizas y/o mezcla de gravas, piedras, arenas, conglomerados y cantos rodados.

Son suelos de color negro, de texturas arcillo arenosas a limo arenosas, a veces mezclados con gravas (en los sitios coluvionados); pH neutro, alta saturación de bases y buena fertilidad natural.

Simbología en el mapa: 47, 48.



**Figura 100:** Argiustoll andino  
Salcedo-Laguna de Anteojos (3100 msnm)  
Provincia de Cotopaxi.

### 3.7 Orden Alfisoles

(*De Pedalfer/Marbut = presencia de aluminio y hierro*)

Son suelos que poseen un epipedón ócrico eluvial (de lavado) sobre un horizonte argílico (iluvial) y saturados en bases. El proceso más importante asociado a estos suelos lo constituye la translocación de arcillas y su acumulación para formar los horizontes argílicos. El perfil es del tipo A/E/Bt/C.

Generalmente se desarrollan sobre superficies antiguas o en paisajes jóvenes pero estables; sin embargo, son suelos aun suficientemente jóvenes pues retienen cantidades notables de minerales primarios, arcillas y minerales y nutrientes para las plantas.

Como limitantes generales se pueden mencionar su susceptibilidad a la erosión en el horizonte argílico, poca infiltración del agua, bajo porcentaje de agua aprovechable y problemas para el desarrollo radicular de los cultivos anuales.

Los Subórdenes son diferenciados por el criterio de humedad.

#### 3.7.1 Suborden Udalfs

(*L Uodus = húmedo*)

Son los Alfisoles de áreas húmedas que no permanecen secos ni siquiera 90 días al año ó 60 días acumulativos.

Dentro de este suborden se identifica un Gran grupo:

##### • Hapludalfs

Son los Udalfs con moderada saturación en bases y pH ligeramente ácido. Presentan colores rojizos o amarillo rojizo; con predominio de arcillas tipo caolinítico en su composición mineralógica; texturas arcillosas, a veces mezcladas con piedras y/o gravas en las zonas coluvionadas.

Bajo ambientes temperados, se los identifica en los relieves socavados de las vertientes interiores andinas sur en donde se han originado a partir de material volcánico antiguo y/o metamórfico: rocas volcánicas, tobas, rocas metamórficas cuarcíticas. Presentan color pardo rojizo, rojizo o rojo amarillento; son de profundidad variable.

Bajo ambientes temperados a cálidos, se los ubica en los relieves socavados y montañosos de las estribaciones occidentales del centro y sur andino y en los conos volcánicos insulares en Galápagos, en donde se originan a partir de material volcánico y/o volcano sedimentario antiguo: lavas, rocas detríticas, aglomerados. Se caracterizan por su color rojizo, pardo rojizo o amarillo, son de profundidad variable y con posibilidad de fragmentos gruesos (piedras) dentro del perfil.

Se los tiene además en los relieves planos a ligeramente ondulados del piedemonte occidental (conos de deyección) y en la llanura aluvial costera antigua, en donde se han desarrollado a partir de material sedimentario reciente: depósitos coluvio aluviales de materiales volcánicos y/o volcano sedimentario antiguo. Caracterizándose por su color rojizo, son profundos y muy pedregosos.

Bajo ambientes cálidos se los tiene en las pendientes irregulares de los relieves sedimentarios costeros (mesas, cuestas, colinas) y en la Cordillera Costera, en donde se han desarrollado a partir de material sedimentario y/o volcano sedimentario antiguo: arenas, arcillas, tobas, conglomerados. Se caracterizan por su color amarillo rojizo, son de profundidad variable y con alto contenido de fragmentos gruesos (piedras) al interior del perfil del suelo.

Simbología en el mapa: 49, 50, 51, 52.



(a) Vertientes internas andinas en la Sierra sur Sector sur occidental, Provincia del Azuay.



(b) Vertientes andinas de la Sierra sur Sector sur occidental, Provincia del Azuay.



(c) Hapludalf  
Sector El Desvío, Olmedo-La Trampa (80-100 msnm)  
Provincia de Manabí.



(d) Hapludalf úmbrico  
Santa Isabel (2200 msnm)  
Provincia del Azuay.



(e) Hapludalf  
Sector Marcabeli (620 msnm)  
Provincia de El Oro.



(f) Hapludalf óxico  
Vía Oriaga-Lauro Guerrero (1970 msnm)  
Provincias de Loja - El Oro.



(g) Hapludalf coluvionado  
Lauro Guerrero (1600-1700 msnm)  
Provincia de Loja.



(h) Hapludalf  
Vía Bella María-San Carlos (360 msnm)  
Provincia de El Oro.



(i) Hapludalf óxico  
Sector parte alta de Santa Isabel (2200 msnm),  
Provincia del Azuay.

**Figura 101:** Paisajes y Perfiles de Suelos Hapludalfs.

### 3.7.2 Suborden Ustalfs

(*L Ustus = quemado*)

Constituyen Alfisoles de zona secas a muy secas con estación lluviosa marcada. Generalmente, suelen tener acumulación de carbonato de calcio debajo del horizonte argílico.

Los Grandes grupos identificados son:

- **Haplustalfs**

Son los Ustalfs de zonas secas, templadas a cálidas, con alta saturación en bases, de colores pardo rojizos y rojizos claros, con predominio en su contenido mineralógico de arcillas tipo caolinítico y montmorillonítico, por lo que se agrietan cuando secos; de texturas arcillosas, a veces con piedras y fragmentos gruesos; pH neutro.

Bajo ambientes temperados se los tiene en los relieves colinados de las vertientes interiores de la cordillera andina sur en donde se originan a partir de material volcánico antiguo y/o metamórfico: rocas volcánicas, tobas, rocas metamórficas cuarcíticas. Presentan color pardo a pardo rojizo.

Bajo ambientes cálidos se los tiene sobre las planicies u ondulaciones del piedemonte andino occidental, en donde se desarrollan a partir de materiales sedimentarios recientes: depósitos coluvio aluviales de material volcánico y/o volcano sedimentario antiguo. Se caracterizan por su color amarillo claro, rojizo o pardo y la presencia de piedras y arenas.

Además, se los tiene en las planicies de la llanura aluvial costera y niveles marinos levantados costeros, desarrollados a partir de material sedimentario antiguo: arcillas terciarias y areniscas. Presentan color pardo rojizo y contienen carbonatos.



**Figura 102:** Paisaje de Alfisoles en la costa ecuatoriana  
Provincia de Manabí.

Su representación en el mapa es: 53, 54, 55.



(a) Haplustalf  
Vía Lauro Guerrero-Catacocha, sector San Francisco  
Provincia de Loja (1490 msnm).



(b) Haplustalf  
Vía Caluguro-Bella María (360 msnm)  
Provincia de El Oro.

**Figura 103:** Perfiles de Suelos Haplustalfs.

#### • Paleustalfs

Son los Ustalfs de zonas secas a muy secas y cálidas, con muy alta saturación en bases. Presentan colores rojos a pardo claros, con predominio de montmorillonita en su mineralogía, evidenciando grietas y dureza cuando secos, texturas arcillosas y pH ligeramente alcalino.

Se los ubica sobre superficies de sedimento antiguas y estables de la región costera como son las planicies u ondulaciones de antiguas playas levantadas formadas a partir de material sedimentario marino antiguo (arenas y areniscas conchíferas) en donde se presentan de color rojo y con acumulaciones de carbonato de calcio. Además, se identifican en los relieves ondulados y colinados de origen sedimentario de la región costera, en donde se forman a partir de material sedimentario antiguo: arcillas y limos; son de color pardo claro y no contienen carbonatos.

Simbología en el mapa: 56, 57.

#### • Rhodustalfs

Ustalfs de zonas secas a muy secas y cálidas; con muy alta saturación en bases. De colores rojo a pardo rojizo oscuro. Con predominio de montmorillonita en su mineralogía, presentándose grietados y duros en seco; de texturas arcillosas y pH ligeramente alcalino.

Se distribuyen sobre los relieves irregulares de las estribaciones exteriores occidentales andinas sur, en donde son originados a partir de materiales volcánicos y volvano sedimentario antiguo y/o metamórfico: rocas volcánicas, tobas, arcillas y rocas cuarcíticas; actualmente se hallan en proceso de erosión avanzado.

Simbología en el mapa: 58.

## 3.8 Orden Oxisoles

(*F Oxide = óxido*)

Suelos con muy avanzado grado de intemperización, en donde predominan los procesos de transformación y pérdidas por lavado sobre los de las translocaciones y adiciones. La pérdida de silicio y la concentración de hierro y aluminio en forma de sesquióxidos, caolinita, gibsita y productos amorfos es característico en ellos, evidenciando de esta manera baja fertilidad natural a la que acompaña una baja retención de humedad y alta permeabilidad.

Presentan un horizonte óxico dentro de los 2 m de profundidad; por lo general, son muy profundos. Por su riqueza en óxidos de hierro, la mayoría exhibe colores rojizos.

Debido a la intemperización extrema, la reserva de nutrientes es muy baja a causa de la excesiva lixiviación y además se tiene una baja capacidad de intercambio catiónico y bajo contenido de arcilla dispersable en agua.

Es destacable su bajo contenido de bases y una capacidad de intercambio catiónico (CIC) extremadamente baja, sobre todo si se compara el valor de la CIC con el contenido de arcilla que es muy elevado. Ello se debe a la ausencia de minerales arcillosos de mayor actividad química que la caolinita que, junto a los óxidos de hierro y aluminio, son los únicos constituyentes de la fracción fina.

Si bien los Oxisoles son suelos de muy baja fertilidad, fuerte acidez y ausencia de reservas minerales, sus propiedades físicas son muy favorables para el establecimiento de cultivos.

Se han desarrollado principalmente en paisajes antiguos, en las vertientes y estribaciones andinas del sur ecuatoriano, y en su mayor parte están cubiertas de vegetación natural y pastizales.



**Figura 104:** Paisaje de Oxisoles en el sur andino ecuatoriano  
Sector sur occidental, provincia de Azuay.

Dos Subórdenes se definen:

### 3.8.1 Suborden Udoxs

(*L Uodus = húmedo*)

Son los Oxisoles de zonas húmedas a muy húmedas y templadas a cálidas, con estación seca corta o ausente.

Un Gran grupo es diferenciado:

- **Hapludoxs**

Son Orthoxs que se localizan en los relieves irregulares de las estribaciones occidentales sur sobre superficies antiguas de origen volcánico, volcánico sedimentario y/o metamórfico antiguo (granito, lavas, esquistos, aglomerados y material detrítico).

Presentan colores amarillo rojizo a pardo rojizo y se vuelven más rojizos en profundidad. Poseen un horizonte superior humífero sobre un horizonte óxico muy friable; texturas arcillosas; son muy desaturados en bases y su pH es ácido.

Simbología en el mapa: 59.



(a) Hapludox isotérmico (zonas templadas)  
Sector Santa Isabel (2800 msnm)  
Provincia de Azuay.



(b) Hapludox isohipertérmico (zonas cálidas)  
Vía Marcabeli-Las Lajas (680 msnm)  
Provincia de El Oro.



(c) Hapludox  
La Aldea, vía Marcabeli-Las Lajas (540 msnm)  
Provincia de El Oro.



(d) Hapludox sobre lutitas  
Orianga (1100 msnm)  
Provincia de El Oro.



(e) Hapludox  
Vía Orianga-Lauro Guerrero (1870 msnm)  
Provincia de El Oro.



(f) Haplustox isotérmico  
Sector Collay (3000 msnm)  
Provincia del Azuay.

**Figura 105:** Perfiles de Suelos Hapludoxs.

### 3.8.2 Suborden Ustoxs

(*L Ustus= quemado*)

Oxisoles de zonas secas y cálidas. Los suelos permanecen húmedos por lo menos durante 90 días al año.

Se define un Gran grupo:

### • Haplustoxs

Son los Ustoxs que se distribuyen en superficies antiguas del complejo volcánico, volcánico sedimentario y/o metamórfico antiguo (granitos, lavas, esquistos, aglomerados y material detrítico), sobre relieves ondulados, depresiones y pequeños valles encañonados en las estribaciones occidentales sur. Son suelos que fueron formados en condiciones climáticas húmedas previas y diferentes al clima actual.

Exhiben un color rojizo y poco humífero en superficie; son muy friables, de texturas arcillosas, desaturados en bases, pH ácido a ligeramente ácido.

Simbología en el mapa: 60.

## 3.9 Orden Histosoles

(Gr *Histos*= tejido)

Corresponden a suelos compuestos principalmente por material orgánico –que pueden encontrarse en diferentes grados de descomposición- y en general se los conoce como “*turbas*”.

Se encuentran saturados de agua, condición que impide la mineralización de los materiales orgánicos. Adicionalmente, las condiciones topográficas, en general cubetas y depresiones cerradas, tienden a favorecer su desarrollo al concentrar humedad en ellos.

El criterio basado en el estado de descomposición de los materiales orgánicos permite diferenciar un Suborden.



**Figura 106:** a) Llanura amazónica ecuatoriana (300-350 msnm)  
b) Depresiones pantanosas con vegetación de moretales entre los relieves colinados de la llanura amazónica. Parque Nacional Yasuní (300-350 msnm). Provincia de Orellana.

### 3.9.1 Suborden Fibrists

(L *Fibra* = fibroso, estado de menor descomposición)

Son Histosoles compuestos de residuos orgánicos fibrosos, poco o ligeramente descompuestos (*turba fibrosa*), pudiendo ser rápidamente identificables desde el punto de vista de su origen botánico.

Varios son los factores que pueden limitar su transformación: la reducida actividad biológica, condiciones hídricas del suelo, composición de los residuos vegetales, temperatura, acidez del suelo y tiempo.

Un Gran grupo se define:

• **Haplofibrists**

Son los Fibrists ubicados en zonas cálidas húmedas a muy húmedas, localizadas en la llanura amazónica, sobre las depresiones y cubetas que dan lugar a grandes pantanos formados por capas orgánicas fibrosas con espesores mayores a 2 m sumergidos en agua y bajo las cuales se tienen sustratos arcillosos antiguos.

Simbología en el mapa: 61.



**Figura 107:** Vegetación de moretales, típica de depresiones pantanosas con suelos Histosoles. Llanura aluvial reciente de la amazonía norte. Parque Nacional Yasuní. Provincia de Orellana.



**Figura 108:** Histosol  
Río Villano (300 msnm), Provincia de Pastaza.





## 4. Los Suelos del Ecuador en el Sistema WRB (FAO/UNESCO)

Los suelos del mundo son complejos y diversos; ello ha dificultado que se desarrolle una clasificación que los abarque y unifique; y, como consecuencia, existen diferentes sistemas de clasificación de suelos que son aplicados en los diversos países del mundo.

Lo anterior ha ocasionado que se presenten muchas limitaciones relacionadas con la transferencia e intercambio de la información generada en las investigaciones y en los trabajos que se realizan en el mundo, restringiendo así el acceso a los avances científicos y a las herramientas tecnológicas en el campo de las ciencias del suelo y sus aplicaciones.

Por tal motivo, la FAO/UNESCO proponen un sistema internacional de clasificación de suelos que permite crear una nomenclatura de suelos y la elaboración de leyendas de mapas de suelos a nivel mundial, éste es la *Base Referencia Mundial de Recurso Suelo* (WRB por sus siglas en inglés). La WRB no pretende sustituir ningún sistema de clasificación de suelos, sino más bien ser un común denominador para la comunicación a nivel internacional.

El presente capítulo tiene por objeto establecer la correlación entre las taxas de suelos identificadas en el país mediante el *Sistema Soil Taxonomy. Claves para la Taxonomía de Suelos* (USDA, 2014) y las taxas del *Sistema de Clasificación WRB* (World Soil Reference Base 2014. FAO/UNESCO), esperando sea un aporte a la comunicación internacional de la información de suelos.

### LA BASE REFERENCIAL MUNDIAL DEL RECURSO SUELO (WRB) FAO/UNESCO

La *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB)* nace con un proyecto conjunto FAO/UNESCO en 1961, inicialmente para generar un Mapa Mundial de Suelos y que constituye el primer intento de preparar, sobre la base de una cooperación internacional, un mapa de suelos que abarque todos los continentes del mundo con una leyenda uniforme, permitiendo de este modo la correlación de las unidades de suelos y su comparación en escala mundial.

De esta manera, se pretende contar con una herramienta técnica que permita:

- Realizar una primera evaluación de los recursos de suelos de todo el mundo;

- b) Facilitar una base científica para transferir la experiencia ganada en determinadas zonas a otras con un medio ambiente análogo; y,
- c) Promover el establecimiento de un sistema de clasificación de suelos y de una nomenclatura de aceptación general.

La Base Referencial Mundial (WRB) se sustenta en la Leyenda (FAO-UNESCO, 1974) y la Leyenda Revisada (FAO, 1988) del Mapa Mundial de Suelos (FAO-UNESCO, 1971-1981). En 1991, la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo formó un grupo de trabajo llamado “Base Internacional de Referencia para la Clasificación de Suelos” (IRB), misma que fue renombrada como la “Base Referencial Mundial del Recurso Suelo” (WRB) cuya función fue elaborar un sistema de clasificación de suelos. Este grupo presentó la primera edición de la WRB en 1998 (FAO, 1988), la segunda edición en 2006 y la tercera edición en el 2014.

Según se señala en ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, 2016, la primera edición de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) fue difundida en el 16° Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo en Montpellier en 1998; durante este evento fue aprobado y adoptado como sistema de correlación de suelos y comunicación internacional de la International Union of Soil Sciences (IUSS). La segunda edición de la WRB fue avalada en el 18° Congreso Mundial en Filadelfia en 2006. Para el 2014, luego de una intensa etapa de prueba y recolección de datos a nivel mundial, se presenta la tercera edición de la WRB, la misma que refleja el valioso trabajo de los autores de los primeros diseños y ediciones de la WRB, así como las experiencias y contribuciones de muchos científicos de la ciencia del suelo que han participado en las labores del Grupo de Trabajo de IUSS sobre WRB. Al 2015 se cuenta con la versión en español de la 3<sup>a</sup> edición.

### **ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS WRB**

La Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) comprende dos niveles categóricos para la clasificación de los suelos:

- **Primer Nivel:** los **Grupos de Suelos de Referencia (GSR)**. En este nivel categórico, las clases se diferencian principalmente de acuerdo con características del suelo producidas por procesos edafogenéticos primarios que han producido los rasgos característicos del suelo, excepto donde el material parental del suelo es de primordial importancia. La WRB comprende actualmente 32 GSR.
- **Segundo Nivel:** corresponde a los **Calificadores, principales y suplementarios**. En este nivel categórico, los suelos se diferencian de acuerdo con características del suelo resultando de cualquier proceso formador de suelos secundario que ha afectado significativamente las características primarias.

El detalle de los conceptos, definiciones, guías y claves de la estructura de clasificación de suelos del sistema WRB se puede consultar en: *ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. 2016. Base referencial mundial del recurso suelo 2014. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Actualización 2015. Roma, 2016.*

### **NOMENCLATURA DE CLASIFICACIÓN DE LA BASE REFERENCIAL MUNDIAL DEL RECURSO SUELO (WRB)**

La nomenclatura que se asigna a cada unidad taxonómica o clase de suelo en el Sistema WRB está constituida por dos elementos combinados:

1. El Grupo de Suelo de Referencia (GSR) representado por 2 letras mayúsculas; y,

- 
2. El Calificador, representado por 2 letras minúsculas. Una unidad o GSR puede estar constituida por uno o más Calificadores (principales y/o suplementarios).

Los calificadores principales son considerados los más importantes para una mayor caracterización de los suelos perteneciente a un cierto GSR; éstos se dan en orden jerárquico. Cuando la unidad tiene más de un calificador, se tiene que seguir el orden de prioridad. Los calificadores suplementarios proporcionan algunos detalles adicionales sobre el suelo.

Para mayor referencia de códigos de los GSR y calificadores del sistema WRB, consultar el *Anexo 3. Códigos recomendados para los Grupos de Suelos de Referencia, calificadores y especificadores Base referencial mundial del recurso suelo 2014. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Actualización 2015. Roma, 2016.*

### **CORRELACIÓN ENTRE LAS TAXAS DE SUELOS DEL ECUADOR BAJO EL SISTEMA SOIL TAXONOMY. CLAVES PARA LATAXONOMÍA DE SUELOS (USDA) Y EL SISTEMA WRB (WORLD REFERENCE BASE. FAO/UNESCO)**

El proceso de correlación de suelos entre las taxas de los sistemas WRB y Soil Taxonomy realizado en el presente trabajo parte de las similitudes que presentan estos dos sistemas y que se manifiestan en el uso común de los horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico para clasificar los suelos; ambos sistemas utilizan definiciones similares y emplean los mismos o similares nombres para ciertos horizontes de diagnóstico, si bien con algunas diferencias en las definiciones y requerimientos, por lo que es necesario utilizar criterios adicionales para establecer dicha correlación.

Como principales diferencias entre los dos sistemas de clasificación y que generan dificultades en el trabajo antes mencionado se citan:

- a) El sistema de clasificación WRB usa terminología tradicional porque conservó la mayoría de los nombres usados en sus versiones anteriores, además de autoexplicativa, mientras que el sistema Soil Taxonomy usa terminología solamente autoexplicativa;
- b) El sistema WRB no toma en cuenta los regímenes de humedad y temperatura, mientras que en el sistema Soil Taxonomy estos criterios son parte integral en la clasificación de los suelos;
- y,
- c) El sistema WRB utiliza dos niveles importantes de clasificación: GSR y Calificadores, mientras que el sistema Soil Taxonomy utiliza seis niveles de clasificación: Orden, Suborden, Gran grupo, Subgrupo, Familia y Serie.

#### **Procedimiento de trabajo**

El trabajo de correlación de taxas es posible dada la facilidad de establecer una relación de taxas entre los niveles categóricos comparables en los dos sistemas, ésto es, los Órdenes (categoría más alta del Soil Taxonomy) con los Grupos de Suelos de Referencia (GSR) de la WBR (categoría más alta de la leyenda WBR) así como las características de las taxas a nivel de Subórdenes y Grandes grupos del Soil Taxonomy con el nivel categórico de Calificadores (principales y suplementarios) de la WBR.

De esta manera, el trabajo realizado a nivel de gabinete comprende dos pasos:

1. Correlación entre los niveles jerárquicos superiores: Órdenes (Soil Taxonomy) y Grupos de Suelos GSR (WBR). En este primer paso se procede a asignar al Grupo de Suelo de Referencia (GSR) el Orden del sistema Soil Taxonomy; la combinación de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico de la Guía WRB que permiten asignar al suelo el Grupo de Suelo de Referencia (GSR) se van cotejando con las características de los

Órdenes (Soil Taxonomy) de manera sistemática y se van, mediante una análisis excluyente, estableciendo las relaciones entre GSR y Órdenes, acorde a los requisitos especificados para cada uno de ellos.

2. Correlación entre los niveles jerárquicos inferiores: Subórdenes y Grandes grupo del Soil Taxonomy y los Calificadores primarios y/o suplementarios de la WBR. Las características secundarias de los suelos que se reflejan en los Subórdenes y Grandes grupo en el Soil Taxonomy son cotejados con los calificadores primarios y/o suplementarios de la WBR.

No se agregan calificadores con información redundante.

Posterior al proceso de cotejamiento entre las taxas de los sistemas de clasificación, se establece la nomenclatura de las unidades de suelos según el sistema FAO/UNESCO, acorde a las Guías WRB, asignando las simbologías tanto de GSR como de los Calificadores, principales y suplementarios. A continuación, se visualizan los casos de uso de la nomenclatura WRB aplicados en el presente trabajo:

- **Caso 1.** Si una unidad de suelo presenta un GSR con un solo calificador, la nomenclatura comprende el código del GSR (2 letras mayúsculas) seguido por el código del calificador (2 letras minúsculas). Ejemplo:

Andosol hídrico: ANhy

- **Caso 2.** Si una unidad de suelo presenta un GSR con 2 o más calificadores, la nomenclatura comprende el código del GSR (2 letras mayúsculas) seguido por los códigos de los calificadores, principales y/o suplementarios (letras minúsculas) separadas por un guión y en orden de prioridad. Ejemplo:

Regosoléutrico-eskelético: RGeu-sk

Calcisollúvico-vértico-arídico: CLLu-vr-ad

- **Caso 3.** Si una unidad de suelo presentan un GSR que incluye calificadores que señalan características que no pueden ser discriminadas debido al nivel cartográfico, la nomenclatura comprende el código del GSR (2 letras mayúsculas) seguido los códigos de los calificadores (letras minúsculas) separados por y/o. Ejemplo:

Regosoldístico y/o éutrico-skelético: RGdy/eu-sk

## Resultados

En la siguiente tabla, se presentan los resultados obtenidos en el proceso de correlación entre las taxas del Sistema de Clasificación WRB (World Reference Base) y las taxas del Sistema de Clasificación Soil Taxonomy. Claves para la Taxonomía de Suelos, de acuerdo al orden de presentación que destaca la Leyenda del Mapa General de Suelos de Ecuador 2021.

**Tabla 2: CORRELACIÓN ENTRE TAXAS DEL SUELO SOIL TAXONOMY (USDA) Y WRB (FAO/UNESCO) DE ACUERDO CON LA LEYENDA DEL MAPA GENERAL DE SUELOS DEL ECUADOR 2021.**

WORLD SOIL REFERENCE BASE - WRB (FAO/UNESCO)		CLAVES PARA LA TAXONOMÍA DE SUELOS SOIL TAXONOMY (USDA)	
TAXONOMÍA Grupo Suelo Referencia (GSR) y Clasificadores	NOMENCLATURA	TAXONOMÍA Gran grupo	SIMBOLOGÍA Mapa de Suelos 2021
Regosoldístico-eskelético	RGdy-sk	Udorthents Udorthents Udorthents Udorthents	1 2 3 4
Regosoldístico y/o éutrico-eskelético	RGdy/eu-sk	Udorthents y/o Ustorthents Udorthents y/o Ustorthents	5 6
Regosoléutrico y/o arídico-eskelético	RGeu/ad-sk	Ustorthents y/o Torriorthents Ustorthents y/o Torriorthents	7 8
Arenosoléutrico y/o calcárico	AREu/ca	Ustipsamments	9
Arenosoléutrico y/o arídico-calcárico	AREu/ad-ca	Ustipsamments y/o Torripsamments	10
Fluvisoléutrico	FLeu	Udifluvents y/o Ustifluvents Udifluvents y/o Ustifluvents	11 12
Gleysol subacuático-flúvico-sulfídico	GLsq-fv-sf	Sulfaquents	13
Cambisoldístico-ródico	CMdy-ro	Distrudepts Distrudepts Distrudepts Distrudepts	14 15 16 17
Cambisoldístico-flúvico	CMdy-fv	Distrudepts	18
Cambisoléutrico	CMeu	Eutrudepts	19
Cambisoléutrico-flúvico	CMeu-fv	Eutrudepts	20
Cambisoléutrico-eskelético	CMeu-sk	Eutrudepts	21
Cambisolvertílico	CMvr	Haplustepts	22
Cambisolvertílico-flúvico	CMvr-fv	Haplustepts	23
Gleysol subacuático-hístico-dístico	GLsq-hi-dy	Humaquepts	24
Gleysol subacuático-flúvico-éutrico	GLsq-fv-eu	Humaquepts	25
Andosoldístico y/o melánico	ANDy/ml	Haplocryands y/o Hapludands/Melanudands	26
Andosol hídrico y/o melánico	ANhy/ml	Hydrudands/Melanudands	27
Andosoldístico-flúvico/colúvico	ANDy-fv/co	Hapludands	28
Andosoléutrico	ANEu	Haplustands	29
Andosolvítrico-dístico y/o éutrico	ANvi-dy/eu	Udivitrands y/o Ustivitrands	30
Andosolglelico-hístico	ANgl-hi	Criaquands	31
Vertisolpéllico-calcárico	VRpe-ca	Haplustersts y/o Haploterrets	32
Vertisolléptico-eskelético	VRle-sk	Haplustersts y/o Haplotorrets	33
Vertisolflúvico-subacuático	VRfv-sq	Haplustersts	34
Calcisolllúvico-vértico	CLlu-vr	Haplargids	35
Calcisolcámico	CLcm	Haplocambids	36
Solonchakflúvico-sódico-arídico	SCfv-so-ad	Haplosalids	37
Phaeozemndúrico	PHdu	Hapludolls	38
Phaeozemháplico	PHha	Hapludolls	39
Phaeozemeskelético-colúvico	PHsk-co	Hapludolls	40
Phaeozemeskelético	PHsk	Hapludolls	41
Phaeozemflúvico	PHfv	Hapludolls	42
Phaeozemlúvico	PHlu	Argiudolls	43
Castañozemndúrico-calcárico	KSDu-ca	Haplustolls	44
Castañozemháplico	KSha	Haplustolls	45
Castañozemeskelético	KSsk	Haplustolls	46
Castañozemlúvico	KSlv	Argiustolls	47
Castañozemeskelético-lúvico	KSSk-lv	Argiustolls	48
Lixisolháplico	LXha	Hapludalfs Hapludalfs	49 50
Lixisoleskelético	LXsk	Hapludalfs	51
Lixisoleskelético-colúvico y/o flúvico	LXsk-co/fv	Hapludalfs	52
Luvisoleskelético-colúvico y/o flúvico	LVsk-co/fv	Haplustalfs	53
Luvisolháplico	LVha	Haplustalfs	54
Luvisoleskelético-calcárico	LVsk-ca	Haplustalfs	55
Luvisolródico-calcárico	LVro-ca	Paleustalfs	56
Luvisolócrico	LVoh	Paleustalfs	57
Luvisolródico-léptico	LVro-le	Rhodustalfs	58
Ferrasoldístico-húmico	FRdy-hu	Hapludoxs	59
Ferrasolródico-ócrico	FRro-oh	Haplustoxs	60
Histosolfíbrico	HSfi	Haplofibrists	61

Elaboración: Luis Mejía, julio 2020.

## **DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES DE SUELOS DEL ECUADOR EN EL SISTEMA WRB (FAO/UNESCO)**

La descripción de los Grupos de Suelos de Referencia (GSR) y Calificadores, principales y suplementarios, se realiza a continuación de acuerdo con la agrupación de taxas que la WRB establece en la *Tabla 2. Guía resumida de los Grupos de Suelos de Referencia (GSR) de la WRB con códigos sugeridos (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA). 2016. Base referencial mundial del recurso suelo 2014. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Actualización 2015. Roma, 2016.*

### **a) Suelos con capas orgánicas gruesas**

#### **HISTOSOLES**

Suelos ricos en materia orgánica (>20 %) y saturados en agua. Formados en material orgánico acumulado como turba de agua freática (pantanitos, turberas). Dentro de este GSR se identifica:

- *Histosolfíbrico* (HSfi): suelos con material orgánico sin descomponer (tejido vegetal poco meteorizado y reconocible (>2m)). Saturados en agua permanentemente. Se desarrollan bajo condiciones de trópico húmedo en las tierras bajas de la llanura amazónica. Símbolo en el Mapa: 61 (Haplofibrists).

### **b) Suelos con enraizamiento limitado**

#### **VERTISOLES**

Suelos con alto contenido de arcillas pesadas y expandibles (arcillas de expansión-retracción >30 %). Se desarrollan bajo condiciones alternas de sequía-humedad (los cambios de humedad provocan movimientos internos). Forman profundas y anchas grietas desde la superficie hacia abajo cuando se secan. Con abundantes slickensides. A veces con microrelieve gilgai. En este GSR Se identifican:

- *Vertisolpéllico-calcárico* (VRpe-ca): suelos de color negro, profundidad variable; contienen material calcárico (CO<sub>3</sub>Ca) entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo. Se desarrollan bajo ambientes secos y/o muy secos templados a cálidos de las partes bajas andinas del sur del país. Símbolo en el Mapa: 32 (Haplusterts y/o Haplotorrerts).
- *Vertisolléptico-eskelético* (VRle-sk): suelos delgados, poco profundos; con presencia de fragmentos gruesos (rocas y/o piedras) desde la superficie del suelo. Desarrollados en los relieves sedimentarios bajo ambientes secos y/o muy secos y cálidos de la franja costera. Símbolo en el Mapa: 33 (Haplusterts y/o Haplotorrerts).
- *Vertisolfluvico-subacuático* (VRfv-sq): desarrollados a partir de depósitos aluviales, con el nivel freático superficial y fluctuante en algún periodo del año. Se los encuentra bajo ambientes húmedo-secos y cálidos de la llanura costera. Símbolo en el Mapa: 34 (Haplusterts).

#### **SOLONCHAKS**

Suelos con alta concentración de sales solubles. Se desarrollan en zonas costeras bajo condiciones climáticas áridas y semiáridas. Se identifican dentro de este GSR:

- *Solonchakfluvico-sódico-arídico* (SCfv-so-ad): suelos originados a partir de depósitos marinos y/o fluvio marinos (limos y arcillas); con alto contenido de sodio (Na) en el complejo de cambio. Desarrollados bajo condiciones muy secas y cálidas de las zonas litorales y marinas de la franja costera. Símbolo en el Mapa: 37 (Haplosalids).

### **c) Suelos regulados por la química de Fe/Al**

## GLEYSOLES

Suelos con hidromorfía (manto freático superficial permanente y fluctuante). Con presencia de horizontes grises, verdosos o azulados, sobre materiales no consolidados. Saturados con agua subterránea durante períodos suficientemente largos para desarrollar condiciones reductoras que resultan en propiedades gléyicas. Se identifican dentro de este GSR:

- *Gleysol subacuático-fluvico-sulfidico* (GLsq-fv-sf): suelos limo arcillosos, permanentemente sumergidos en agua, desarrollados a partir de materiales fluvio marinos en la faja costera, con presencia de sales y material sulfuroso. Se desarrollan en ambientes secos y cálidos. Símbolo en el Mapa: 13 (Sulfaquents).
- *Gleysol subacuático-hístico-dístrico* (GLsq-hi-dy): suelos permanentemente sumergidos en agua, con horizonte orgánico poco meteorizado y meteorizado sobre material arcilloso; ácidos y baja saturación de bases. Se desarrollan bajo ambientes fluviales de trópico húmedo en la llanura amazónica. Símbolo en el Mapa: 24 (Humaquepts).
- *Gleysol subacuático-fluvico-éutrico* (GLsq-fv-eu): suelos permanentemente sumergidos en agua, originados a partir de materiales fluviales y fluviomarinos de granulometría arcillosa, bajo ambientes sub-húmedos de la región costera. Símbolo en el Mapa: 25 (Humaquepts).

## ANDOSOLES

Suelos alofánicos. Con un alto contenido en materiales amorfos o de baja cristalinidad. Desarrollados a partir de proyecciones volcánicas (cenizas volcánicas y piroclastos) bajo diversos ambientes climáticos (sub-húmedo, húmedo o muy húmedo). Se identifican en este GSR:

- *Andosoldístrico y/o melánico* (ANdy/ml): suelos negros, ácidos, desaturados en bases (saturación de bases menor a 50 %). Moderada a alta capacidad de retención de agua de 20-100 %. Con horizonte úmbrico y/o posibilidad de un horizonte melánico. Se desarrollan en ambientes muy fríos y fríos, húmedos a muy húmedos de la sierra alta andina. Símbolo en el Mapa: 26 (Haplocryands y/o Hapludands/Melanudands).
- *Andosol hídrico y/o melánico* (ANhy/ml): suelos negros, ácidos, desaturados en bases (saturación de bases menos del 50 %). Alta a muy alta capacidad de retención de agua de 100-300 %. Con horizonte úmbrico y/o posibilidad de un horizonte melánico. Se desarrollan bajo ambientes húmedos a muy húmedos, fríos a subcálidos de la región andina. Símbolo en el Mapa: 27 (Hydrudands y/o Melanudands)
- *Andosoldístrico-fluvico y/o colívico* (ANdy-fv/co): suelos pardo oscuros, ácidos, desaturados en bases (saturación de bases menos del 50 %). Moderada a alta capacidad de retención de agua (menor al 100 %). Con horizonte úmbrico. Desarrollados a partir de depósitos aluviales y/o coluvio aluviales de origen volcánico bajo ambientes húmedos a muy húmedos, templados a cálidos de las regiones amazónica y costera. Símbolo en el Mapa: 28 (Hapludands).
- *Andosoléutrico* (ANeu): suelos ligeramente ácidos, medianamente saturados en bases. Desarrollados a partir de depósitos volcánicos bajo ambientes sub-húmedos a secos, templados y cálidos de las regiones andina y costera. Símbolo en el Mapa: 29 (Haplustands).
- *Andosolvítrico-dístrico y/o éutrico* (ANvi-dy/eu): suelos arenosos, permeables, ricos en vidrio volcánico, profundos, pH ligeramente ácido a neutro, baja capacidad de retención de agua (menos de 20 %). Desarrollados en ambientes fríos a templados, húmedos a secos de la región andina. Símbolo en el Mapa: 30 (Udivitrands y/o Ustivitrands)
- *Andosolglelico-hístico* (ANgl-hi): suelos hidromórficos (con la capa freática superficial y fluctuante), presentan un horizonte superior rico en materia orgánica poco meteorizada (hasta 30 cm de espesor) sobre material volcánico alofánico. Desarrollados en ambientes húmedos y muy fríos de la sierra alta andina. Símbolo en el Mapa: 31 (Cryaquands).

## FERRASOLES

Representan los suelos profundamente meteorizados, rojos o amarillos de climas tropicales. Presentan un predominio de arcillas de baja actividad (principalmente caolinita) y un alto contenido de sesquióxidos. En estos suelos, las arcillas han sido totalmente destruidas, quedando únicamente óxidos de Fe y Al (y algo de caolinita). Dentro de este GSR se identifican:

- *Ferrasoldístico-húmico* (FRdy-hu): suelos ácidos, muy desaturados en bases, arcillosos muy friables, humíferos en superficie. Desarrollados bajo ambientes húmedos a muy húmedos de la región andina sur. Símbolo en el Mapa: 59 (Hapludoxs)
- *Ferrasolródico-ócrico* (FRro-oh): suelos rojos poco humíferos en superficie, ácidos, muy desaturados en bases, arcillosos muy friables. Desarrollados bajo ambientes secos y cálidos de la región andina sur. Símbolo en el Mapa: 60 (Haplustoxs)

### d) Suelos con acumulación pronunciada de materia orgánica en el suelo mineral superficial

#### PHAEZOZEMS

Suelos con horizonte superficial oscuro (horizonte mólico) moderado a alto contenido de materia orgánica, no es masivo y duro cuando está seco, sin carbonatos secundarios, saturación de bases mayor al 50 %. Desarrollados bajo ambientes húmedos de la costa y sierra andina. Dentro de estos GSR se identifican:

- *Phaeozemdúrico* (PHdu): suelos poco profundos con presencia de capa dura (cangahua) a menos de 1 m de profundidad. Desarrollados en áreas húmedas, frías a templadas de la sierra andina. Símbolo en el Mapa: 38 (Duriudolls).
- *Phaeozemháplico* (PHha): suelos negros, profundos. Desarrollados en áreas húmedas y templadas de las vertientes andinas. Símbolo en el Mapa: 39 (Hapludolls).
- *Phaeozemeskelético-coluvíco* (PHsk-co): suelos profundos con presencia de fragmentos gruesos en todo el perfil. Desarrollados en áreas coluvionadas de las vertientes andinas de la parte central y norte, bajo ambientes templados y húmedos. Símbolo en el Mapa: 40 (Hapludolls).
- *Phaeozemeskelético* (PHsk): suelos de profundidad variable, pardo rojizo, con fragmentos gruesos en el perfil. Desarrollados sobre los relieves colinados sedimentarios de la región costera bajo ambientes húmedos y cálidos. Símbolo en el Mapa: 41 (Hapludolls).
- *Phaeozemfluvíco* (PHfv): suelos de texturas variables y distribución irregular en el perfil. Desarrollados en las llanuras y valle aluviales de la región costera bajo ambientes húmedos y cálidos. Símbolo en el Mapa: 42 (Hapludolls).
- *Phaeozemlívico* (PHlu): suelos negros con presencia de un horizonte argílico (acumulación de arcilla) a menos de 100 cm. Desarrollados bajo ambientes húmedos y templados de la sierra andina central y norte. Símbolo en el Mapa: 43 (Argiudolls).

#### CASTAÑOZEMS

Suelos oscuros, con carbonatos secundarios. De áreas secas. Con un perfil similar a los Phaeozems pero el horizonte superficial humífero (mólico) es más delgado y no tan oscuro. Dentro de este GSR se identifican:

- *Castañozemdúrico-calcárico* (KSdu-ca): suelos poco profundos con una capa dura (cangahua) a menos de 1 m de profundidad. Con presencia de carbonato de calcio. Desarrollados bajo ambientes secos y templados en las vertientes de la sierra andina, centro y norte. Símbolo en el Mapa: 44 (Durustolls).
- *Castañozemháplico* (KSha): suelos pardos, profundos. Desarrollados en ambientes templados y secos de las vertientes bajas del callejón andino, centro y norte. Símbolo en el Mapa: 45

(Haplustolls).

- *Castañozemekelético* (KSsk): suelos pardo rojizos con elevada presencia de fragmentos gruesos en todo el perfil. Desarrollados bajo ambientes cálidos y secos de los relieves sedimentarios costeros (colinas, mesas y cordillera costera). Símbolo en el Mapa: 46 (Haplustolls).
- *Castañozemlívico* (KSlv): suelos oscuros con presencia de un horizonte de acumulación de arcilla (horizonte argílico) a menos de 1 m de profundidad. Se desarrollan en ambientes secos y templados de las vertientes de la sierra andina, centro y norte. Símbolo en el Mapa: 47 (Argiustolls).
- *Castañozemekelético-lívico* (KSsk-lv): suelos con elevado contenido de fragmentos gruesos en todo el perfil y con presencia de un horizonte argílico a menos de 1 m de profundidad en el perfil del suelo. Desarrollados en ambientes secos y templados del callejón andino, centro y norte. Símbolo en el Mapa: 48 (Argiustolls).

#### e) Suelos con acumulación de sales moderadamente solubles o de sustancias no-salinas

##### CALCISOLES

Suelos con acumulación de carbonatos secundarios asociados con materiales parentales calcáreos. Desarrollados en ambientes semiáridos. Se identifican dentro de este GSR:

- *Calcisollávico-vértico* (CLlu-vr): suelos con presencia de un horizonte de acumulación de arcilla (horizonte argílico) dentro de los 100 cm. Con propiedades vérticas debido a su contenido de arcillas expandibles. Desarrollados sobre los relieves marinos y fluviomarinos de la región costera bajo climas muy secos y cálidos. Símbolo en el Mapa: 35 (Haplargids).
- *Calcisolcámrico* (CLcm): suelos que presentan un horizonte cámbico a menos de 100 cm de profundidad. Se desarrollan en los relieves marinos y fluviomarinos de la región costera bajo ambientes muy secos y cálidos. Símbolo en el Mapa: 36 (Haplocambids).

#### f) Suelos enriquecidos en arcillas en la parte subsuperficial

##### LIXISOLES

Suelos con presencia de un horizonte argílico (tienen un mayor contenido de arcilla en el suelo subsuperficial que en la capa superior del suelo) como resultado de procesos edafogenéticos (especialmente migración de arcilla). Con arcillas de baja actividad en el horizonte argílico y saturados en bases entre 50-100 cm de profundidad. Desarrollados en ambientes tropicales y subtropicales. Se identifican dentro del GSR:

- *Lixisolháplico* (LXha): suelos rojizos o amarillo rojizos, con arcilla de tipo caolinita. Moderada saturación de bases. Se desarrollan en ambientes húmedos, templados a cálidos en las estribaciones exteriores de la región andina y en la región insular. Símbolo en el Mapa: 49, 50 (Hapludalfs).
- *Lixsoleskelético* (LXsk): suelos amarillo rojizos, caoliníticos con presencia de fragmentos gruesos en el perfil del suelo. Moderada saturación en bases. Desarrollados en los relieves sedimentarios de la región costera (mesas, colinas y cordillera costera), bajo ambientes húmedos y cálidos. Símbolo en el Mapa: 51 (Hapludalfs).
- *Lixsoleskelético-colívico y/o fluvílico* (LXsk-co/fv): suelos rojizos, con elevada presencia de fragmentos gruesos en el perfil del suelo. Desarrollados a partir de materiales de origen aluvial y/o coluvio aluvial en el piedemonte andino y llanura aluvial costera bajo climas cálidos y húmedos. Símbolo en el Mapa: 52 (Hapludalfs).

##### LUVISOLES

Suelos que presentan un mayor contenido de arcilla en el suelo subsuperficial que en la capa

superior del suelo, como resultado de procesos edafogenéticos (especialmente migración de arcilla) que conducen a la formación de un horizonte argílico. Con contenido de arcillas de alta actividad y con alta saturación de bases. De áreas secas. Se identifican dentro de este GSR:

- *Luvisoleskelético-colúvico y/o fluvico* (LVsk-co/fv): suelos amarillentos, presencia de arcillas caoliníticas y montmorilloníticas; elevada presencia de fragmentos gruesos en el perfil del suelo. Desarrollados a partir de materiales aluviales y/o coluvio aluviales en el piedemonte andino y llanura aluvial costera, bajo climas secos y cálidos. Símbolo en el Mapa: 53 (Haplustalfs).
- *Luvisolháplico* (LVha): suelos de profundidad variable con moderada saturación en bases, caoliníticos y montmorilloníticos. Se desarrollan en los ambientes secos y cálidos de las vertientes de la sierra andina sur. Símbolo en el Mapa: 54 (Haplustalfs).
- *Luvisoleskelético-calcárico* (LVsk-ca): suelos de profundidad variable, con presencia de fragmentos gruesos y carbonatos de calcio  $CO_3Ca$ . Desarrollados en los relieves sedimentarios de la región costera en ambientes cálido-secos. Símbolo en el Mapa: 55 (Haplustalfs).
- *Luvisolródico-calcárico* (LVro-ca): suelos rojos, profundidad variable, con presencia de carbonato de calcio  $CO_3Ca$ , alta saturación en bases, predominio de arcilla montmorillonítica. Desarrollados en los relieves sedimentarios antiguos de la región costera bajo clima seco y cálido. Símbolo en el Mapa: 56 (Paleustalfs).
- *Luvisolócrico* (LVoh): suelos de color pardo claro de profundidad variable, poco humíferos en superficie, sin carbonatos, saturados en bases, con arcillas tipo montmorillonítico. Se desarrollan sobre los relieves sedimentarios de la región costera bajo ambientes secos a muy secos y cálidos. Símbolo en el Mapa: 57 (Paleustalfs).
- *Luvisolródico-léptico* (LVro-le): suelos rojos poco profundos, erosionados, montmorilloníticos, saturados en bases. Desarrollados en las estribaciones bajas de la sierra andina sur bajo climas cálidos, secos a muy secos. Símbolo en el Mapa: 58 (Rhodustalfs).

#### **g) Suelos con poca o ninguna diferenciación del perfil**

##### CAMBISOLES

Suelos medianamente desarrollados con presencia de horizonte cámbico; transformación del material parental evidente debido a la formación de estructura, coloración principalmente parduzca o rojiza y aumento del porcentaje de arcilla. Se identifican dentro del GSR:

- *Cambisoldístico-ródico* (CMdy-ro): suelos rojizos con un matiz más rojo que 5YR en húmedo, arcillosos, caoliníticos, desaturados en bases, con presencia de aluminio y hierro, alta fijación de fósforo. Desarrollados en ambientes húmedos a muy húmedos de las regiones andina, costera, amazónica e insular. Símbolo en el Mapa: 14, 15, 16, 17 (Distrudepts).
- *Cambisoldístico-fluvico* (CMdy-fv): suelos pardos rojizos, con texturas variables y distribución irregular dentro del perfil; desaturados en bases, lixiviados, con presencia de aluminio y hierro. Desarrollados en ambientes húmedos a muy húmedos y cálidos en los relieves aluviales de la región costera. Símbolo en el Mapa: 18 (Distrudepts).
- *Cambisoléutrico* (CMeu): suelos pardo rojizos y amarillentos. Con moderada saturación en bases. Se desarrollan en ambiente fríos a templados y húmedos de la sierra andina sur. Símbolo en el Mapa: 19 (Eutrudepts).
- *Cambisoléutrico-fluvico* (CMeu-fv): suelos pardos con texturas variables estratificadas en el perfil del suelo. Moderada saturación en bases. Desarrollados sobre los relieves aluviales y fluviomarinos y fluviales en las regiones costera y amazónica, bajo ambientes húmedos y cálidos. Símbolo en el Mapa: 20 (Eutrudepts).
- *Cambisoléutrico-eskelético* (CMeu-sk): suelos amarillentos con presencia de fragmentos gruesos en el perfil del suelo. Desarrollados en ambientes húmedos y cálidos sobre los

- relieves sedimentarios antiguos de la región costera. Símbolo en el Mapa: 21 (Eutrudepts).
- *Cambisolvértico* (CMvr): suelos pardos con predominio de montmorillonita y características vérticas, saturados en bases. Se desarrollan bajo climas cálido secos de la región costera sobre los relieves sedimentarios antiguos. Símbolo en el Mapa: 22 (Haplustepts).
  - *Cambisolvértico-flúvico* (CMvr-fv): suelos pardos con texturas variables y distribución irregular en el perfil, con arcillas montmorilloníticas y propiedades vérticas. Desarrollados a partir de materiales fluviales, fluviomarinos y/o coluvio aluviales de la región costera en ambientes secos y cálidos. Símbolo en el Mapa: 23 (Haplustepts).

## ARENOSOLES

Suelos arenosos, poco evolucionados, profundos. Dentro del GSR se identifican:

- *Arenosoléutrico y/o calcárico* (AReu/ca): suelos arenosos, poco humíferos, pH neutro a ligeramente alcalino, con posibilidad de carbonato de calcio. Desarrollados a partir de cenizas volcánicas gruesas y recientes bajo ambientes secos y templados en las partes bajas andinas centro y norte. Símbolo en el Mapa: 9 (Ustipsamments).
- *Arenosoléutrico y/o arídico-calcárico* (AReu/ad-ca): suelos arenosos, con presencia de carbonatos de calcio. Desarrollados a partir de depósitos fluviomarinos en ambientes muy secos y cálidos de la franja costera. Símbolo en el Mapa: 10 (Ustipsamments y/o Torripsamments).

## FLUVISOLES

Suelos de baja evolución, genéticamente jóvenes formados por materiales de depósitos fluviales recientes. Con perfiles de texturas estratificadas y con materia orgánica que se distribuye de manera irregular. Se identifican dentro de este GSR:

- *Fluvisoléutrico* (FLeu): suelos desarrollados en las zonas húmedas y/o secas en los relieves de terrazas, llanuras aluviales y valles costeros. Símbolo en el Mapa: 11, 12 (Udifluvents y/o Ustifluvents).

## REGOSOLES

Suelos sin ningún desarrollo del perfil que carecen de horizontes diagnósticos. Se ubican en áreas erosionadas y en relieves montañosos. Se identifican dentro de este GSR:

- *Regosoldístico y/o eskelético* (RGdy-sk): suelos severamente erosionados, desaturados en bases; constituyen afloramientos de material primario, grueso o fino. Con fragmentos gruesos desde la superficie. Se ubican en áreas húmedas, templadas y cálidas de los fuertes relieves en las regiones andina, costera y amazónica. Símbolo en el Mapa: 1, 2, 3, 4 (Udorthents).
- *Regosoldístico y/o éutrico-skelético* (RGdy/eu-sk): suelos de áreas húmedas y/o secas, medianamente saturados en bases; con fragmentos gruesos de material primario desde la superficie. Se ubican sobre los relieves de fuertes pendientes de las regiones andina, costera, e insular. Símbolo en el Mapa: 5, 6 (Udorthents y/o Ustorthents).
- *Regosoléutrico y/o arídico-eskelético* (RGeu/ad-sk): suelos de áreas secas a muy secas en relieves de fuertes pendientes de las regiones costera y andina. Constituyen afloramientos de material grueso desde la superficie. Símbolo en el Mapa: 5, 7, 8 (Ustorthents y/o Torriorthents).



# **Apéndices**



## Apéndice 1. Horizontes diagnósticos

La caracterización de los niveles categóricos en el sistema de clasificación de suelos *Soil Taxonomy. Claves para la Taxonomía de Suelos*, está basada en definiciones morfológicas de determinados horizontes llamados *diagnósticos*, los mismos que pueden ser: superficiales, también llamados *epipedones* y profundos que son denominados como *subsuperficiales* o *endopedones*.

### • Horizontes diagnósticos superficiales (Epipedones)

El epipedón (*Gr. Epi: sobre y pedón: suelo*) es un horizonte que se forma en o cerca de la superficie del suelo y en el cual, la mayor parte de la estructura de la roca ha sido destruida. Está oscurecido por la materia orgánica o muestra evidencias de eluviación o ambas.

Un epipedón no es lo mismo que un horizonte genético A; puede incluir parte o todo el horizonte B iluvial, si el oscurecimiento por materia orgánica se extiende desde la superficie del suelo hasta dentro o a través de todo el horizonte B.

**Tabla 3:** Epipedones reconocidos en el sistema *Soil Taxonomy. Claves para la Taxonomía de Suelos.*

DENOMINACIÓN	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS
<b>Epipedón Folístico</b>	Capa (uno o más horizontes) que está saturada por menos de 30 días (acumulativos) en años normales (y no está drenado artificialmente). Consiste de material de suelo orgánico que: a) tiene un espesor de 20 cm o más y contiene 75 % o más (por volumen) de fibras de <i>Sphagnum</i> <sup>1</sup> ó presenta una densidad aparente, en húmedo, de menos de 0.1; ó b) tiene un espesor de 15 cm o más.
<b>Epipedón Hístico</b>	Horizonte superficial que contiene más del 20 a 30 % de materia orgánica, dependiendo del contenido de arcilla y permanece saturado de agua por más de 30 días durante alguna estación seca del año, a menos que exista algún drenaje artificial. Es más delgado que 30 cm si está drenado ó 45 cm de espesor si no está drenado.
<b>Epipedón Melánico</b>	Horizonte que tiene ambas de las siguientes características: 1) Un límite superior a, o dentro de los 30 cm, ya sea desde la superficie del suelo mineral o del límite superior de una capa orgánica con propiedades ándicas de suelo <sup>2</sup> , cualquiera que sea más somera; y 2) En capas con un espesor acumulativo de 30 cm o más dentro de un espesor total de 40 cm, todas las siguientes: a) propiedades ándicas de suelo en todo su espesor; b) un color del value, en húmedo, y un chroma (designaciones Munsell) de 2 o menos en todo su espesor y un índice melánico de 1.70 o menos en todo su espesor; y, c) 6 % o más de carbono orgánico como promedio ponderado y 4 % ó más en todas las capas.
<b>Epipedón Mólico</b>	Horizonte superficial que cuando mezclado a una profundidad de 17.5 cm presenta las siguientes características: a) Contiene más de 1 % de materia orgánica; b) Matices de color más oscuros que 5.5 en seco y 3.5 en húmedo; c) La estructura no puede ser masiva y dura; d) La saturación de bases está sobre el 50%; e) Más de 0.6 % de carbón orgánico; y, f) Más de 250 ppm de $P_2O_5$ .
<b>Epipedón Ócrico</b>	Horizonte superficial que es, o muy claro, muy alto en pureza (chroma), muy bajo en materia orgánica (menos de 1 %), muy alto en el valor n <sup>3</sup> o muy delgado para ser mólico, úmbrico, antrópico, plaggen o hístico. Es masivo y duro a la vez en estado seco. El epipedón ócrico no cumple con las definiciones de cualquiera de los otros epipedones, debido a que es muy delgado o muy seco, tiene colores del value o del chroma muy altos, contiene muy poco carbono orgánico, tiene valores de n o del índice melánico muy altos o es masivo y es duro o durísimo cuando seco. Los epipedones ócricos también incluyen a horizontes de materiales orgánicos que son muy delgados para cumplir con los requisitos de un epipedón folístico o hístico.
<b>Epipedón Antrópico</b>	Horizonte superficial semejante al epipedón mólico pero contiene sobre los 250 ppm de $P_2O_5$ soluble en ácido cítrico. Consiste de material de suelo mineral que muestra algunas evidencias de alteración por actividad humana.
<b>Epipedón Plaggen</b>	Horizonte superficial hecho por el hombre que es mayor a 50 cm en espesor; se ha formado por años de aplicación continua de estiércoles de diferente procedencia.
<b>Epipedón Úmbrico</b>	Horizonte superficial semejante al epipedón mólico pero con una saturación de bases menor al 50 %.

### • Horizontes diagnósticos subsuperficiales (Endopedones)

Son los horizontes que se forman, por lo general, debajo de la superficie de suelo, aunque pueden quedar expuestos posteriormente por erosión u otros procesos modificadores.

Algunos de esos horizontes son considerados como horizontes B; otros, pueden o no considerarse como horizontes B, y otros más, como parte del horizonte A.

Los horizontes descritos en esta sección se forman debajo de la superficie del suelo, aunque en algunas áreas se forman directamente abajo de una capa de hojarasca.

**Tabla 4**

DENOMINACIÓN	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS
<b>Horizonte Ágrico</b>	Horizonte iluvial que se ha formado bajo cultivo y contiene cantidades significativas de limo, arcilla y humus iluvial. Está directamente abajo del horizonte A. Debe tener por lo menos un 3% más de arcilla total en la tierra fina que el horizonte superior o eluvial.
<b>Horizonte Álbico</b>	Horizonte eluvial de 1.0 cm o más de espesor, que contiene 85% o más (por volumen) de materiales álbicos <sup>4</sup> . En general, ocurre debajo de un horizonte A, pero puede estar en la superficie de un suelo mineral. Por lo general, abajo del horizonte Álbico existe un horizonte argílico, cámbico, kándico, nátrico o espódico o un fragipán. Es un horizonte de remoción de óxido de hierro y arcilla, situado encima de un horizonte argílico, horizonte espódico o fragipán o una capa relativamente impermeable.
<b>Horizonte Argílico</b>	Horizonte subsuperficial con un porcentaje mayor de arcillas filosilicatadas que el material de suelo subyacente. Muestra evidencias de iluviaciación de arcilla (en al menos una de las siguientes formas: (1) arcilla orientada uniendo granos de arenas; o (2) películas de arcilla revistiendo poros; o (3) películas de arcilla sobre la superficie de los agregados, tanto en forma horizontal como vertical).
<b>Horizonte Cálcico</b>	Horizonte iluvial en el cual el carbonato de calcio ( $CO_3Ca$ ) secundario u otros carbonatos se han acumulado en cantidades significativas. El horizonte cálcico tiene 15 cm o más de espesor; y 15% o más (por peso) de $CO_3Ca$ equivalente y 5% más (absoluto), más alto que el horizonte subyacente.
<b>Horizonte Cámbico</b>	Horizonte alterado por movimientos de partículas de suelos por congelamiento, raíces y animales, a tal grado que destruyen la estructura original o la formación de agregados. Es un horizonte producto de alteración que no tiene el color oscuro ni el contenido de materia orgánica ni la estructura que definen al epipedón hístico, mólico o úmbrico. El resultado de alteraciones físicas, transformaciones químicas o remociones o combinaciones de dos o más de esos procesos. El horizonte cámbico es un horizonte alterado de 15 cm o más de espesor. Muestra evidencias de alteración en una de las siguientes formas: condiciones ácuicas dentro de los 50 cm de la superficie del suelo o están drenados artificialmente y todas las siguientes: (1) Estructura de suelo o ausencia de estructura de roca en más de la mitad del volumen; (2) Colores que no cambian al exponerlos al aire.
<b>Duripán</b>	Horizonte cementado por sílice hasta el punto de los fragmentos del horizonte, secos al aire, no se desmoronan por sumersión prolongada en agua o en HCl. Varían en el grado de cementación por sílice y en adición contienen, generalmente materiales cementantes accesorios, principalmente óxidos de hierro y carbonatos de calcio.

DENOMINACIÓN	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS
<b>Fragipán</b>	Horizonte de 15 cm o más de espesor; y que parece ser cementado en seco, pero se desmenuza en agua. En húmedo este <i>pan</i> es débil a moderadamente quebradizo. Tiene densidad aparente alta. La permeabilidad es baja y las raíces son escasas. No hay carbonatos.
<b>Horizonte Glóssico</b>	(Gr. <i>glossa</i> , lengua) Se desarrolla como resultado de la degradación de un horizonte argílico, kándico o nátrico, en los cuales la arcilla y los óxidos de hierro libre han sido removidos. Un horizonte glóssico tiene un espesor de 5 cm o más y consiste de: 1) Una parte eluvial, es decir, materiales álbicos, los cuales constituyen de 15 a 85 % (por volumen) del horizonte glóssico; y 2) Una parte iluvial, es decir, residuos (o partes) de un horizonte argílico, kándico o nátrico.
<b>Horizonte Gypsico</b>	Horizonte iluvial en el cual el yeso secundario se ha acumulado de manera significativa. Un horizonte gypsico tiene todas las propiedades siguientes: 1) Un espesor de 15 cm o más; y, 2) No está cementado o endurecido por yeso, con o sin otros agentes cementantes; si está cementado y las partes cementadas tienen un espesor menor de 10 cm; o debido a la discontinuidad lateral, las raíces pueden penetrar a lo largo de fracturas verticales con espaciamientos horizontales de menos de 10 cm; y 3. 5 % o más (por peso) de yeso y 1 % o más (por volumen) de yeso secundario visible.
<b>Horizonte Kándico</b>	Es un horizonte subsuperficial verticalmente continuo que subyace a un horizonte superficial de textura gruesa. El espesor mínimo del horizonte superficial es de 18 cm después de mezclado o de 5 cm si la transición textural al horizonte kándico es abrupta y no existe un contacto dénsico, lítico, paralítico o petroférreo, dentro de los 50 cm de la superficie del suelo mineral.
<b>Horizonte Nátrico</b>	El horizonte nátrico tiene, además de las propiedades del horizonte argílico: a) Columnas o prismas en alguna parte (usualmente en la parte superior), las cuales se pueden romper en bloques; b) Tanto la estructura blocosa como los materiales eluviales, contienen granos de limo y arena no revestidos y se extienden por más de 2.5 cm dentro del horizonte; c) Un porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de 15 % o más ó una relación de adsorción de sodio (RAS), de 13 o más, en uno o más horizontes dentro de los 40 cm de su límite superior; d) Mayor contenido de magnesio y sodio intercambiables que de calcio y acidez intercambiables (a pH 8.2) en uno o más horizontes dentro de los 40 cm de su límite superior, si la PSI es 15 o más (o el RAS es de 13 o más) en uno o más horizontes dentro de los 200 cm de la superficie del suelo mineral.
<b>Orstein</b>	El orstein tiene todas las siguientes: 1) Está formado por materiales espódicos; 2) Es una capa cementada en 50 % o más; y, 3) Tiene un espesor de 25 mm o más.
<b>Horizonte Óxico</b>	Es un horizonte de acumulación de minerales resistentes y productos de intemperismo, que no satisface los requerimientos para horizonte argílico o nátrico. Caracteriza horizontes minerales subsuperficiales en un estado avanzado de intemperismo, con un alto contenido de arcillas 1:1 y sesquióxidos. Tiene todas las siguientes características: 1) Un espesor de 30 cm o más; 2) Una textura franco arenosa o más fina en la fracción de tierra fina; 3) Menos de 10 % de minerales intemperizables en la fracción de 50 a 200 micrones; 4) Estructura de roca en menos de 5 % de su volumen, a menos que los litorelictos con minerales intemperizables estén revestidos con sesquióxidos; y 5) Tiene una capacidad de intercambio catónico (CIC) aparente de 16 cmol(+) o menos por kg de arcilla (con NH <sub>4</sub> OAc 1N a pH 7).

DENOMINACIÓN	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS
<b>Horizonte Petrocálcico</b>	Horizonte cárlico continuo y endurecido, cementado por carbonatos. No puede penetrarse con barrenos o pala en seco. Fragmentos secos no se desintegran en agua. Horizonte iluvial en el cual el carbonato de calcio secundario u otros carbonatos se han acumulado a tal grado que el horizonte está cementado o endurecido. Deberá satisfacer los siguientes requisitos: 1) El horizonte está cementado o endurecido por carbonatos, con o sin sílice u otros agentes cementantes; 2) Debido a su continuidad lateral, las raíces pueden penetrar sólo a lo largo de fracturas verticales con un espaciamiento horizontal de 10 cm o más; 3) Tiene un espesor de 10 cm o más.
<b>Horizonte Petrogáfico</b>	Horizonte gypsico endurecido al punto que sus fragmentos secos no se desintegran en agua y las raíces no pueden penetrarlo. Horizonte iluvial, de 10 cm o más de espesor, en el cual el yeso secundario se ha acumulado en una cantidad tal, que el horizonte está cementado o endurecido. 1) El horizonte está cementado o endurecido por yeso, con o sin otros agentes cementantes; 2) Debido a su continuidad lateral, las raíces pueden penetrar sólo a lo largo de fracturas verticales con un espaciamiento horizontal de 10 cm o más; 3) Tiene un espesor de 10 cm o más; y, 4) Tiene 5 % o más de yeso, y el producto de su espesor, en cm, por el contenido de yeso, en por ciento, es de 150 o más.
<b>Horizonte Plácico</b>	El horizonte plácico (Gr. basado en <i>plax</i> ; piedra plana; significa capa delgada cementada) es un <i>pan</i> (o capa) delgado, negro o rojizo oscuro que está cementado por hierro (o hierro y manganeso) y materia orgánica. El horizonte está cementado o endurecido con hierro o hierro y manganeso y materia orgánica, con o sin otros agentes cementantes; y el horizonte tiene un espesor mínimo de 1 mm y cuando está asociado con materiales espódicos, es menor de 25 mm de espesor.
<b>Horizonte Sálico</b>	Horizonte de acumulación de sales más solubles que el yeso en agua fría, con un espesor mayor de 15 cm. Tiene 15 cm o más de espesor y tiene por 90 días consecutivos o más en años normales: a) una conductividad eléctrica (CE) igual o mayor de 30 dS/m en el extracto de agua de la pasta de saturación; y, b) un producto de la CE, en dS/m, por el espesor, en cm, igual a 900 o mayor.
<b>Horizonte Sóbrico</b>	(F. <i>sombra</i> , oscuro) Horizonte subsuperficial en suelos minerales que se ha formado bajo condiciones de drenaje libre. Contiene humus iluvial que ni está asociado con el aluminio, como sucede en el horizonte espódico, ni está disperso por el sodio, como en el horizonte nátrico. No tiene una capacidad de intercambio catiónico alta en su arcilla como ocurre en el horizonte espódico y tampoco tiene una saturación de bases alta como sucede en el horizonte nátrico. Los horizontes sóbricos están restringidos a suelos de áreas frías, húmedas, de planicies elevadas y a montañas de regiones tropicales o subtropicales. Debido a la fuerte lixiviación que les ocurre, su saturación de bases es baja (menos de 50 % con $NH_4OAc$ ). Se puede formar en un horizonte argílico, cámbico u óxico.
<b>Horizonte Espódico</b>	Es una capa iluvial con 85 % o más de materiales espódicos. Normalmente subyace a un horizonte O, A, Ap o E. Sin embargo, puede satisfacer la definición de un epipedón úmbrico. Deberá tener 85 % o más de materiales espódicos en una capa de 2.5 cm o más de espesor que no forma parte de ningún horizonte Ap.

## Apéndice 2. Regímenes de humedad y temperatura del suelo

Fuente: SECS. 1984. Boletín Extraordinario

Constituyen elementos o propiedades diagnósticas que sirven como criterios para la clasificación de los suelos en las categorías inferiores del *Soil Taxonomy. Claves para la Taxonomía de Suelos*.

Las definiciones de los diferentes regímenes de humedad y temperatura del suelo que considera el *Soil Taxonomy. Claves para la Taxonomía de Suelos*, fueron adaptadas para las condiciones del Ecuador (investigaciones de MAG-OSTOM para el inventario de suelos del Ecuador. SECS 1984).

### Régimen de humedad del suelo.

Referido al contenido de humedad disponible en la parte del suelo utilizable por los cultivos durante el año. Son reconocidos los siguientes:

- **Régimen Acuico:** es un régimen de reducción en un suelo que está virtualmente libre de oxígeno disuelto porque está saturado con agua.
- **Régimen Perúdico:** particular de climas muy húmedos (húmedo todo el año), en donde las precipitaciones mensuales son más altas que la evapotranspiración. En consecuencia, hay percolación de agua en el perfil durante todo el año y lixiviación de algunos elementos minerales útiles.
- **Régimen Uídico:** particular de climas húmedos. El suelo está seco en todo el perfil menos de tres meses consecutivos, la mayoría de los años.
- **Régimen Ustico:** de áreas secas; la parte del suelo utilizable para los cultivos está seca más de tres meses consecutivos, pero con humedad aprovechable más de seis meses la mayoría de los años. Existe deficiencia de agua.
- **Régimen Arídico:** característico de climas muy secos. El suelo está seco en todo el perfil durante más o menos la mitad del año, pero ninguna parte está húmeda más de tres meses consecutivos (seco más de nueve meses acumulativos). No hay lixiviación, pero en muchos casos hay acumulación de elementos minerales tales como sales y carbonatos.

### Régimen de temperatura del suelo.

Se refiere a la medida del grado de temperatura que presenta el suelo entre 50 y 100 cm de profundidad durante el año. Es una característica que se puede medir fácilmente y es un reflejo de la temperatura del aire.

Los límites de los diferentes regímenes de temperatura que considera el *Soil Taxonomy. Claves para la Taxonomía de Suelos*, fueron adaptados para las condiciones del Ecuador, ajustándose a los límites de temperatura de los cultivos (investigaciones de MAG-OSTOM para el inventario de suelos del Ecuador. SECS 1984)\*.

Se identifican los siguientes:

- **Régimen Isofrígio:** de climas muy fríos; los suelos presentan temperaturas inferiores a 10°C (límite inferior de temperatura para los cultivos).
- **Régimen Isomésico:** de climas fríos. Los suelos presentan temperaturas entre 10 y 13°C.
- **Régimen Isotérmico:** de climas templados. Suelos con temperaturas entre 13 y 20/22°C.
- **Régimen Isohipertérmico:** de áreas cálidas; los suelos con temperaturas superiores a 20/22°C (aparecen los cultivos tropicales).

El término *ISO* significa que las variaciones de la temperatura durante el año son inferiores a 5 °C.

(\*) Colmet Daage F. 1980. ORSTOM. Selección de temperaturas límites:

---

Se clasifican los regímenes térmicos en función de las temperaturas escogidas según observaciones de campo: La temperatura del suelo de 10 °C a 50 cm de profundidad indica de manera muy especial y precisa el límite de todos los cultivos y en particular de aquellos que se encuentran más altos, las papas y habas. Este límite se debe a la temperatura propia del suelo, que limitaría la actividad microbiana o es el reflejo de una temperatura baja exterior que implica heladas matinales frecuentes sin permitir el cultivo. La temperatura del suelo a 50 cm de profundidad de 13 °C ha sido igualmente retenida como otro límite. El color de los suelos de ceniza volcánica cambia bruscamente, pasa de café negro a más de 13°C a negro (chroma de 0 a 1) a menos de 13 °C. La vegetación natural y los sistemas de cultivo son también fuertemente modificados (desaparición del maíz y los sistemas de cultivo son también modificados (desaparición del maíz, etc). Se puede observar en estas áreas frías dominancia de ácidos húmicos. Por último, el límite preciso de 21/22 °C separa de manera muy evidente las regiones de cultivos tropicales y las de regiones templadas. Sólo la caña de azúcar y ciertos cítricos aceptan temperaturas más bajas. La determinación de la temperatura parece una medida esencial. En ciertas regiones, y en relación con la temperatura, todos los cultivos cesan a 3200 m de altitud, aunque en otras llega a los 3800 m.

## Apéndice 3. Nuevo mapa de suelos del Ecuador

### REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL MAPA GENERAL DE SUELOS DEL ECUADOR 1:1'000000

El presente trabajo de actualización de la clasificación taxonómica del Mapa General de Suelos del Ecuador tomó como material base el Mapa General de Suelos del Ecuador escala 1:1'000000, elaborado por el Autor y publicado en el año 1986 por la Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo (SECS), el mismo que fue generado a partir de la compilación y generalización, taxonómica y cartográfica, de las cartas y mapas de suelos publicados dentro del Convenio de Cooperación entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) del Ecuador y la anteriormente denominada Oficina para la Investigación Científica y Tecnológica de Ultramar hoy Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM) de Francia, y que estaban representadas por cartografía a escala 1:200000 para las regiones Sierra y Costa, 1:500000 para la región Oriental y 1:50000 para la región insular de Galápagos.

El documento cartográfico que acompaña a esta publicación es un mapa producto de un trabajo de actualización taxonómica de los suelos del Ecuador realizado a nivel de gabinete, y en el que se incorporan las modificaciones taxonómicas efectuadas al sistema de clasificación de suelos *Soil Taxonomy* -que fue adoptado en el año 1974 para efectos del levantamiento de la carta nacional de suelos del país- y que a la fecha se incluyen en la 12<sup>a</sup> edición del sistema antes mencionado y que se ha denominado *Claves para la Taxonomía de Suelos*, publicado en el año 2015 en su versión en español.

Este sistema de clasificación de suelos reconoce seis categorías como niveles jerárquicos de clasificación taxonómica de los suelos: ORDEN, SUBORDEN, GRAN GRUPO, SUBGRUPO, FAMILIA y SERIE. Las tres primeras constituyen las *categorías superiores* y las tres últimas se consideran *categorías inferiores*.

En el presente documento, y para efectos de la actualización de la clasificación taxonómica de los suelos del país, acorde al nivel de detalle y objetivos del mismo, se utilizan, al igual que en la versión 1986, los tres niveles categóricos superiores: **Orden, Suborden y Gran grupo**.

#### Representación cartográfica

##### Colores

Un primer elemento del mapa general de suelos corresponde a la gama cromática utilizada en la sección gráfica del documento. Los colores permiten diferenciar los diversos ÓRDENES de suelos identificados en el país, según el detalle presentado en la Leyenda explicativa del documento.

##### Nomenclatura

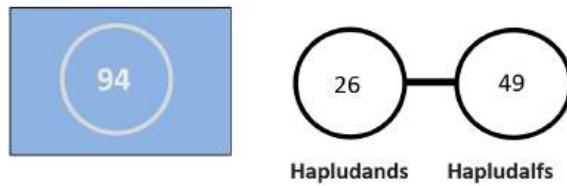
Un segundo elemento que destaca la sección gráfica del mapa corresponde a la nomenclatura numérica encerrada en un círculo que identifica a las subdivisiones definidas al interior de cada color específico para cada ORDEN. Esta nomenclatura numérica representa al GRAN GRUPO de suelo, dentro de los respectivos ÓRDENES y SUBÓRDENES (tres primeras columnas de la Leyenda).

Las nomenclaturas numéricas entre 1 y 61 representan *UNIDADES SIMPLES* de suelos, es decir, son unidades cartográficas en las cuales se identifica el predominio de un suelo o una clase de suelo a nivel de Gran grupo.



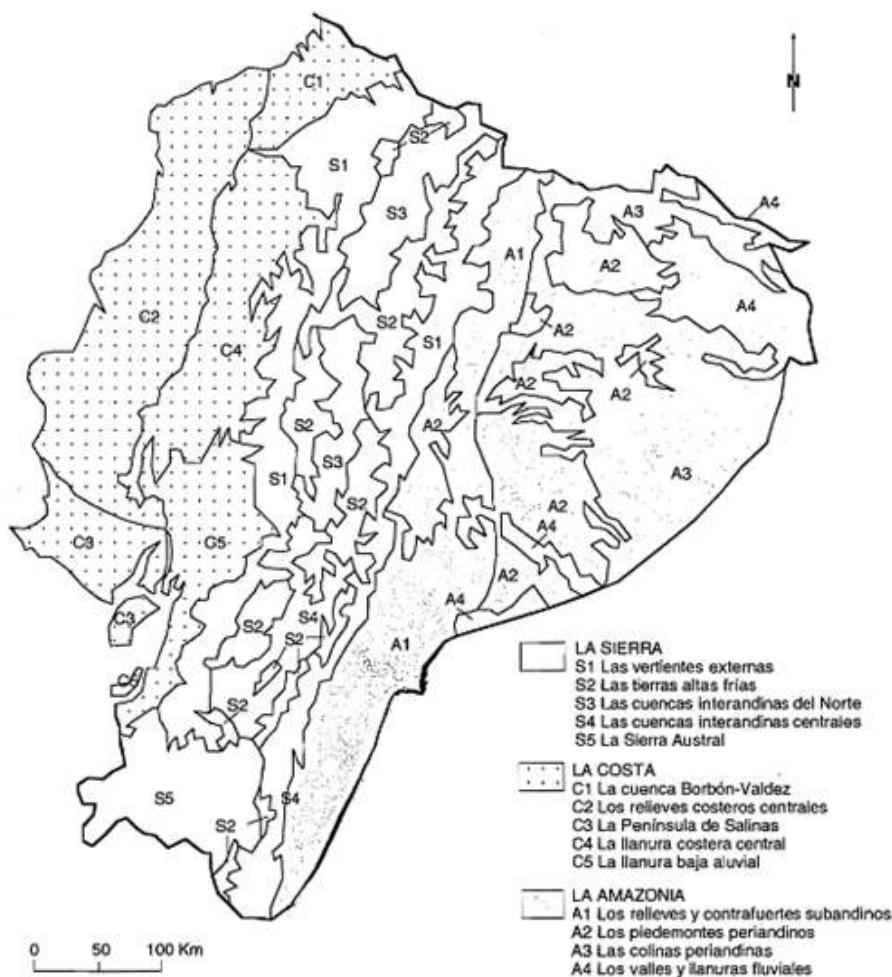
**Figura 109:** Ejemplo: la unidad 14 contiene una clase de suelo (Gran grupo Eutrudepts).

Las nomenclaturas numéricas del 62 al 109 representan *UNIDADES COMPUESTAS* (asociaciones), es decir, son unidades cartográficas en las cuales se identifica el predominio de dos suelos o clases de suelos a nivel de Gran grupo y que, por efectos de escala, no pueden ser separadas y delimitadas cartográficamente.

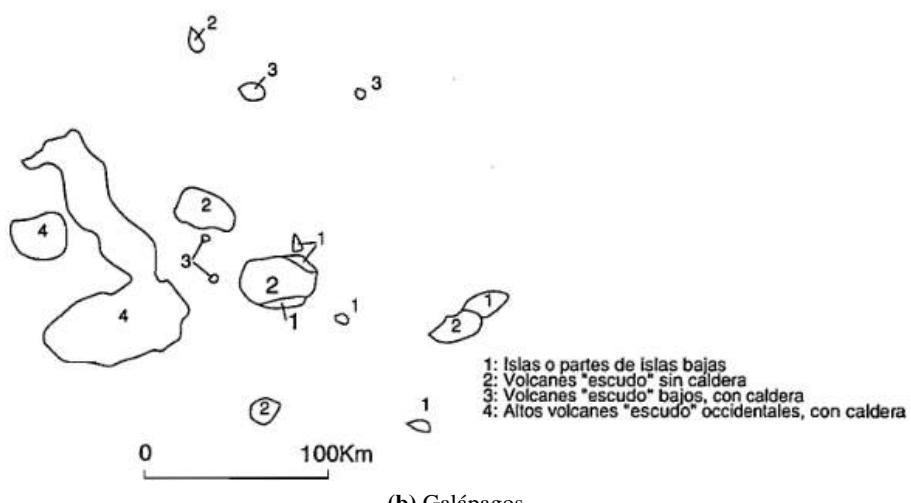


**Figura 110:** Ejemplo: la unidad 94 contiene dos clases de suelos identificados en la leyenda con los números: 26 (Gran grupo Hapludands) y 49 (Gran grupo Hapludalfs).

## Apéndice 4. Grandes conjuntos de relieve en el Ecuador



(a) Ecuador continental.



(b) Galápagos.

**Figura 111: Grandes conjuntos de relieve.**

Fuente: ORSTOM. Alain Winckell. 1977. Los grandes rasgos del relieve en el Ecuador.

## Apéndice 5. Glosario

**Tomado de:**

DICCIONARIOS RIODUERO. Geología y Mineralogía. Ediciones Rioduero. Madrid. España.  
 DICCIONARIOS RIODUERO. Ecología. Ediciones Rioduero. Madrid. España.  
 QUÍMICA DE SUELOS. Enrique Ortega Torres. México.  
 SECRETARÍA DE RECURSOS HIDRÁULICOS. 1973. Vocabulario de la Ciencia del Suelo. México DF. México.  
 SUELOS. E. A. Fitz Patrick. CECSA. México.

**Abrupto:** superficie de fuerte pendiente.

**Absorción:** incorporación física de agua y/o iones por una sustancia.

**Acidez:** medida de la actividad de los iones hidrógeno y aluminio en un suelo húmedo. Por lo general, se expresa como valor de pH.

**Ácidos (suelos):** suelos con un pH inferior a 6.5, generalmente pobres en bases intercambiables, característica desfavorable para la vegetación.

**Ácido húmico:** materia orgánica extraíble del suelo por medio de álcalis y precipitable por ácidos.

**Ácido fúlvico:** fracción de humus extraída por álcalis, no precipitable por ácidos; de color amarillo rojizo.

**Actinomicetos:** grupo de organismos intermedio entre las bacterias y los hongos verdaderos.

**Adición:** proceso formativo del suelo y supone el enriquecimiento del medio por acción mineral u orgánica.

**Adsorción:** la fijación de una partícula, ión o molécula a una superficie.

**Aerobio:** modo de vida de los organismos que necesitan oxígeno para la respiración.

**Agregado:** partícula compleja del suelo. Racimo o grupo de partículas de suelo que forman un ped.

**Agregación:** proceso durante el cual las partículas coalescen para formar agregados.

**Agua freática:** agua que llena todos los intersticios a partir de una determinada profundidad (napa freática).

**Agua gravitacional:** agua que se mueve por la acción de la gravedad.

**Agua capilar:** agua retenida en los poros por tensión superficial.

**Aireación:** proceso por el cual entra al suelo aire atmosférico.

**Alítica:** propiedad de los suelos en los cuales el aluminio de la fracción arcillosa se activa rápidamente cuando el suelo llega a hacerse ácido.

**Alofana:** silicato de aluminio no cristalizado e hidratado, producto de la meteorización de minerales volcánicos, caracterizado por su gran afinidad con el agua y la materia orgánica.

**Alteración:** modificación por acción climática de las propiedades mecánicas y químicas de una roca por transformación química de todos o parte de los elementos que la constituyen.

**Aluvial:** sedimento depositado por corrientes de agua con partículas de tamaño muy variable; los fragmentos generalmente presentan formas redondeadas o subredondeadas. Relativo o perteneciente a la acción dinámica de los ríos.

**Aluviones:** materiales detríticos normalmente no consolidados, depositados de forma permanente o transitoria, por la disminución de la fuerza de arrastre de las corrientes fluviales.

**Ambiente:** conjunto de factores bióticos y abióticos que actúan sobre los organismos y comunidades ecológicas, determinando su forma y desarrollo.

**Anaerobio:** microorganismos que son capaces de vivir sin oxígeno libre.

**Andesitas:** rocas ígneas efusivas de grano fino sin cuarzo o sin ortoclasa, compuestas de alrededor del 75 % de feldespatos, plagioclasa y el resto de silicatos ferromagnesianos.

**Anión:** ión con carga negativa.

**Anticinal:** pliegue de estratos levantados en forma de silla o bóveda alargada de manera que forma dos pendientes opuestas.

**Arcilla:** material mineral con diámetro inferior a 2 micras (0.002 mm). Clase textural. Silicatos hidratados finamente cristalinos, que se forman como resultado del intemperismo de los silicatos

minerales tales como el feldespato, el piroxeno y el anfíbol.

**Arena:** fracción mineral del suelo constituida por partículas cuyo diámetro varía entre 2 y 0.02 mm.

**Arena fina:** partículas comprendidas entre 0.2 y 0.02 mm de diámetro.

**Arena gruesa:** partículas comprendidas entre 2 y 0.2 mm de diámetro.

**Arenisca:** roca sedimentaria detrítica formada por la cementación de granos individuales del tamaño de arena, compuesta comúnmente del mineral cuarzo (85 % por lo menos), más o menos redondeado.

**Arenización:** formación de arena por disgregación de los feldespatos y alteración de las micas de una roca granítica o gnéisica, necesitando un contacto permanente con las aguas de infiltración.

**Bacterias:** organismos microscópicos unicelulares o multicelulares.

**Bacterias nitrificantes:** micro-organismos capaces de fijar nitrógeno atmosférico y que forman nódulos radiculares en las leguminosas.

**Bases:** compuestos químicos que liberan iones oxidrilo y determinan el grado de alcalinidad de los suelos y dan un pH mayor a 7.

**Biótico:** Todo organismo natural viviente y sus procesos vitales.

**Cangahua:** término que se refiere a una capa u horizonte de ceniza cementada, con características similares a un duripán.

**Canto rodado:** fragmentos de roca que, como consecuencia de haber sido arrastrados durante largo tiempo por el agua corriente, han adquirido forma redondeada.

**Caolinítico:** con predominio de caolinita (silicato de aluminio), generalmente presente en áreas húmedas.

**Capacidad agrológica:** aptitud de los suelos para determinados usos agrarios específicos.

**Capacidad de intercambio catiónico (CIC):** potencial total de los suelos para adsorber cationes, expresado en miligramos equivalentes por 100 g. de suelo.

**Capa arable:** la capa del suelo removida en el cultivo.

**Capa freática:** el nivel superior del agua freática (tabla de agua).

**Capa dura:** horizonte endurecido o cementado.

**Capilaridad:** proceso por el cual la humedad se mueve en cualquier dirección a través de los poros finos y como película alrededor de las partículas.

**Cárcava:** excavación producida por el agua de arroyada.

**Catalizar:** acelerar una reacción química mediante la presencia de catalizadores.

**Catión:** ión que tiene una carga eléctrica positiva.

**Ceniza volcánica:** partículas finas de lava arrojadas por un volcán en erupción. A veces las partículas son lanzadas a grandes alturas y transportadas por el viento a grandes distancias.

**Chevrón:** relieve de estructuras plegadas, con la saliente de forma triangular en punta dirigida hacia la cima.

**Chroma (saturación o intensidad):** pureza relativa de un color. Una de las tres variables del color. Fuerza de color espectral y aumenta conforme disminuye el gris.

**Cohesión:** propiedad que tienen las partículas del suelo para unirse entre sí para formar agregados.

**Colada de lava:** presentación característica de yacimientos de lava, con frecuencia largos y estrechos.

**COLE (coeficiente de extensibilidad lineal):** la razón de la diferencia entre las longitudes de un terrón mojado y seco con su longitud cuando está seco. Esta medida tiene correlación con el cambio en volumen de un suelo al mojarse y secarse.

**Colina:** elevación considerable de la superficie terrestre.

**Coloide:** material inorgánico y orgánico con partículas de tamaño muy pequeño, y por tanto, con gran área superficial, que usualmente presentan propiedades de intercambio.

**Coluvial:** material de suelo con o sin fragmentos de roca que se acumula en la base de una pendiente, por acción de la gravedad.

**Coluvión (derrubio):** detritos acumulados al pie de una cuesta empinada.

**Compactación:** aumento en la densidad aparente debido a la acción de fuerzas mecánicas.

**Concreción:** agregado que se forma a consecuencia de la precipitación sucesiva de algunos compuestos químicos alrededor de un núcleo. Indica fenómenos de disolución y precipitación en el suelo, debidos a repetidos humedecimientos y movimientos del agua en los perfiles, seguidos por desecación.

**Conglomerado:** roca sedimentaria clástica formada por detritos grandes o medianos, redondeados, de roca unidos por cementos calizos, silíceos u otros y consolidada.

**Cono de deyección:** sedimentos depositados en forma característica de abanico o cono por una corriente de montaña a medida que fluye a una planicie o a un valle plano abierto. Depósito en forma cónica donde el valle entra en la llanura.

**Cono de deyección-esparramiento:** acumulación de los materiales acarreados por un torrente o un río a su entrada en un valle o en la llanura con una pendiente tanto menor cuanto más finos son los materiales.

**Consistencia:** resistencia del suelo a la deformación o a la ruptura, según lo determina el grado de cohesión o adhesión de las partículas del suelo entre sí.

**Consolidado:** término que por lo general se refiere a rocas u otros materiales compactados o cementados.

**Contacto lítico:** es un límite entre el suelo y un material subyacente coherente y consolidado.

**Contaminación:** es la liberación artificial en el medio ambiente de sustancias o energía, que causa efectos adversos sobre el hombre o sobre el medio, directa o indirectamente.

**Contaminante:** cualquier componente extraño presente en otra sustancia.

**Costra:** recubrimiento del suelo. Es frecuente en regiones secas. Se forma como acumulación mineral al evaporarse las aguas que suben a la superficie.

**Cuaternario:** la era geológica más reciente. Comienza tras el terciario y comprende la era actual.

**Cuenca:** depresión cerrada de la superficie terrestre de paredes suaves. Amplio espacio de sedimentación de forma concava, llenada a menudo por sedimentos más recientes.

**Cuesta:** reborde de altiplanicie en estructura sedimentaria monocinal en el que capas resistentes están superpuestas sobre capas blandas. La terminología descriptiva de los relieves de cuesta se basa en parte en las relaciones entre la dirección de las pendientes y el buzamiento de los estratos.

**Dacitas:** rocas volcánicas ácidas de granos finos, rocas con cuarzo.

**Degradación:** evolución de un suelo en un sentido desfavorable, generalmente por un incremento de lavado.

**Degradación del suelo:** proceso que refleja en capacidad actual y potencial para producir, cualitativa y/o cuantitativamente bienes y servicios. Los principales procesos de degradación del suelo (frecuentemente interactuantes) son: erosión hídrica, erosión eólica, exceso de sales, degradación química, degradación física y degradación biológica.

**Densidad aparente:** masa por unidad de volumen de suelo no disturbado. Se expresa en g/cc.

**Densidad de drenaje:** relación entre la longitud total de las corrientes de agua y la superficie de la cuenca.

**Desarrollo sostenido:** proceso de mejora económica y social que, satisfaciendo las necesidades y los valores de diferentes grupos sociales, mantiene al mismo tiempo las opciones futuras, conservando los recursos y la diversidad de los ecosistemas.

**Detritico:** material de meteorización y fragmentos rocosos de cualquier tipo. Los agentes móviles los convierten en material móvil.

**Depresión:** toda cavidad del terreno, cualquiera que sea su origen o extensión.

**Derrame lávico:** declive de la tierra por el cual ha recorrido o puede recorrer una colada volcánica.

**Desertificación:** degradación de la tierra que se da en áreas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, como resultado de varios factores, incluyendo las variaciones climáticas y actividades humanas.

**Deslizamiento:** movimiento lento de tierras por pendientes usualmente pronunciadas. El proceso se efectúa en respuesta a la gravedad, facilitado por la saturación con agua.

**Desnitrificación:** reducción de nitratos y nitritos a nitrógeno elemental por actividad microbiológica.

**Desnivel:** diferencia de alturas entre dos puntos o más puntos del terreno.

**Detritico:** se dice del depósito o de la roca constituida por acumulación de detritos y puede emplearse para diferenciarlos de los debidos a precipitación química o de formación endógena o procedentes de consolidación magmática.

**Discontinuidad litológica:** es un cambio significativo en el tamaño o la mineralogía de las partículas, que indican una diferencia con respecto al material original del cual se formaron los horizontes.

**Disección (modelado):** relieve formado por un sistema de valles y vertientes inclinados.

**Dispersión:** proceso por el cual se destruye la estructura o agregación del suelo, de tal manera que cada partícula es separada y se comporta como una unidad.

**Disponible (asimilable):** capaz de ser absorbido por las raíces. Elementos disponibles

**Domo:** relieve o masa rocosa cuya forma general es hemisférica, en los que la erosión ha actuado uniformemente.

**Drenaje:** grado en que se elimina del suelo el agua de percolación.

**Dunas:** lomas o colinas pequeñas de arena, formadas por acción del viento.

**Duripán:** capa endurecida. Horizonte cementado con materia orgánica, sílice, sesquioxídos o carbonato de calcio.

**Edáfico:** relativo o perteneciente al suelo. Influido por factores del suelo.

**Efusivo:** relativo a la actividad volcánica de tipo lávico.

**Elemento nutritivo:** sustancia necesaria para la nutrición de las plantas.

**Eluviación:** transporte de material en solución o suspensión de un horizonte superficial a mayor profundidad.

**Enmienda:** labores o materiales que hacen al suelo más productivo.

**Eólico:** perteneciente o formado por acción del viento.

**Erosión del suelo:** remoción y pérdida del suelo de su lugar de origen, ocasionada por el viento y el agua.

**Erosión hídrica:** erosión en donde el agente causal es el agua.

**Erosión eólica:** erosión causada por el viento.

**Erosión laminar:** la remoción y pérdida gradual uniforme de suelo superficial ocasionada por el agua.

**Erosión diferencial:** acción erosiva determinada por las características o consistencia lítica de las rocas.

**Escombros:** detrítico.

**Escorias:** fragmentos de lava, porosos y de forma irregular, productos lábiles de proyecciones volcánicas

**Escorrentía:** flujo de agua que circula por surcos, cárcavas, o canales hacia el drenaje principal de la cuenca.

**Escurrimento:** parte de la precipitación de una zona de drenaje que desagua por surcos pequeños hechos por la corriente.

**Estrato-volcán:** volcán en forma de cono con emisiones alternas de lava y cenizas.

**Estructura:** distribución espacial y organización total de las partículas del suelo.

**Estructura granular:** consta de agregados pequeños, friables, redondeados y de configuración irregular.

**Estructura grumosa:** agregados pequeños, suaves y porosos de forma irregular.

**Estructuras prismáticas y columnares:** disposición de los agregados en forma de columnas y prismas.

**Estructura sedimentaria:** disposición y orden de las rocas sedimentarias de la corteza terrestre en forma de estratos o capas.

**Evapotranspiración potencial:** cantidad total de agua que un cultivo transpira y evapora (tanto la transpiración y evaporación del follaje de las plantas como la evaporación del suelo), en condiciones óptimas de humedad.

**Facies:** conjunto de caracteres litológicos (físicos) y paleontológicos (biológicos) que presenta un depósito, que han contribuido a su formación.

**Falla:** ruptura de una superficie en dos o más bloques, dislocados por movimientos diferenciales de desplazamiento más o menos verticales.

**Fauna:** toda vida animal.

**Ferruginizados:** con contenido de hierro.

**Feldespatos:** aluminio-silicatos de sodio, potasio, calcio y bario.

**Fijación:** conversión de un elemento nutritivo en el suelo en una forma menos asimilable para las plantas.

**Fijación de nitrógeno:** transformación de nitrógeno atmosférico en una forma combinada.

**Fisura:** fractura o hendidura longitudinal de una masa rocosa o de un terreno.

**Fluvial:** perteneciente o relativo a los ríos.

**Fluvio-marino:** formado, erosionado, acumulado, etc., por la acción combinada de un río con el mar.

**Formas estructurales:** formas del relieve que tienen relación directa con su composición litológica.

**Fósil:** se aplica a organismos y substancias orgánicas que se han petrificado por haber permanecido enterradas durante períodos de tiempo muy largos.

**Fotosíntesis:** asimilación del dióxido de carbono o anhídrido carbónico con ayuda de la luz.

**Fragilidad:** grado de susceptibilidad al deterioro ante la incidencia de determinadas actuaciones. (Puede definirse como el inverso de la capacidad de absorción de posibles alteraciones sin pérdida de calidad).

**Friable:** término aplicado a suelos que cuando están húmedos o secos, se desmoronan fácilmente entre los dedos.

**Glacís:** explanada, declive de pendiente suave que se extiende delante de una montaña, perdiéndose en la llanura.

**Glacís de espaciamiento:** explanada, declive con pendiente imperceptible que se extiende delante de una montaña, perdiéndose en la llanura.

**Gleización:** reducción del hierro en un ambiente anaeróbico produciendo colores grises y azulados.

**Gibsita:** mineral petrogénico constitutivo de bauxitas, talcitas y serpentinas.

**Gilgai:** un micro-relieve distintivo de colinas y depresiones que se desarrollan sobre suelos arcillosos que tienen una cantidad considerable de expansión y contracción en respuesta a la mojadura y secamiento.

**Graben:** depresión tectónica de forma alargada limitada por fallas más o menos paralelas levantadas.

**Grava:** partículas entre 20 y 2 mm de diámetro. Conjunto de productos gruesos procedentes de la meteorización de la roca todavía poco afectada por el transporte y el roce consiguiente.

**Gravilla:** conjunto de productos de meteorización de rocas de tamaño inferior a los que forman la grava.

**Grupo caolinítico:** minerales de arcilla 1.

**Grupo ilita:** minerales de arcilla 2.

**Grupo montmorillonítico:** minerales de la arcilla 2.

**Hábitat:** condiciones naturales que rodean a una especie vegetal o animal.

**Hematites:** minerales de hierro.

**Hidratación:** acción o efecto de hidratarse, o sea, de combinarse con los elementos del agua.

**Hidrólisis:** en los suelos; es el proceso por el cual los iones de hidrógeno del agua son intercambiados por cationes como sodio, potasio, calcio y magnesio; y los iones hidroxilos se combinan con los cationes para formar hidróxidos.

**Hidromorfo:** desarrollado en presencia de agua en exceso temporal o permanente.

**Hoya:** llano extenso.

**Hojarasca:** cubierta del suelo constituida por hojas y otros residuos orgánicos no descompuestos.

**Hongos:** plantas simples que carecen de clorofila y están formadas por elementos filamentosos celulares llamadas hifas.

**Horizonte eluvial:** capa de suelo que ha sido lixiviada. Horizonte del perfil del suelo al que las aguas descendentes le han arrebatado sus materias alimenticias.

**Horizonte iluvial:** capa de suelo en la que se acumulan sustancias que provienen de otros horizontes superiores del perfil. El horizonte B del perfil del suelo en el que se han acumulado las materias de lixiviación del horizonte A.

**Humus:** parte relativamente estable y altamente descompuesta de la materia orgánica.

**Iluviación:** deposición o concentración de material de un horizonte superior a otro inferior de un mismo suelo.

**Infiltración:** proceso por el cual el agua entra al suelo desde la superficie.

**Intrusivas (rocas):** rocas magmáticas o ígneas, cuyo magma se ha solidificado dentro de la corteza terrestre. Se las llama también plutónicas.

**Lahares:** palabra de origen javanés, que significa una colada lodosa, cuyos materiales son de origen volcánico.

**Lápilli:** bomba volcánica. Magma solidificado en forma de huso, cordada o espiral de menor tamaño.

**Limo:** partículas minerales que varían en diámetro de 0.2 a 0.002 mm.

**Lixiviación:** la remoción de los materiales del suelo, tanto en solución como en suspensión.

**Lixiviar:** remover el material soluble por lavado a través del suelo.

**Llanura:** superficie extensa de la corteza terrestre sin apenas elevaciones y situada a poca altura sobre el nivel del mar.

**Lutitas:** rocas sedimentarias detríticas de grano fino constituidas de partículas del tamaño del limo y arcilla, de cuarzo, feldespato, calcita, dolomita y otros minerales.

**Macroelemento:** elemento que se necesita en cantidades grandes para el crecimiento de las plantas.

**Mapa base:** mapa que muestra cierta información fundamental y sobre el que pueden compilarse datos adicionales específicos.

**Materia orgánica:** incluye todos aquellos materiales de origen vegetal o animal que se encuentran en diferentes estados de descomposición en el suelo.

**Material amorfo:** minerales de arcilla cuyas moléculas o átomos o iones no manifiestan disposición regular alguna.

**Material de partida:** el material no consolidado a partir del cual se forma el suelo (material parental).

**Material orgánico fibrico:** fibras vegetales poco descompuestas.

**Material parental:** material a partir de cual se forma el suelo. Material subyacente relativamente alterado, semejante a los horizontes sobreyacentes.

**Material piroclástico:** material arrojado por los volcanes durante la erupción

**Masividad:** característica física del relieve, que lo presenta en una forma compacta y maciza.

**Matiz:** el color dominante del espectro y que es una de las tres variables de color.

**Megatérnico:** clima con una temperatura media superior a 22°C.

**Mesa:** terreno elevado y plano de gran extensión. Elevación aislada tabular de superficie plana y pendientes escarpadas, formada por estratos horizontales.

**Meseta:** llanura situada a una altitud considerable.

**Mesotérmico:** clima con temperaturas medias entre 12 y 22°C.

**Metamórficas:** rocas que han sufrido una transformación química, mecánica o mecano-química en el interior de la corteza terrestre a consecuencia de cambios de temperatura y presión, a lo que se une frecuentemente la introducción de gases y disoluciones.

**Meteorización:** destrucción de las rocas y minerales cercanos a la superficie terrestre por fuerzas exógenas (intemperismo).

**Mica:** ortosilicato de aluminio con cantidades variables de potasio, magnesio, sodio o hierro.

**Microelemento (oligoelemento):** elemento nutritivo esencial a la planta, pero necesario en muy pequeñas cantidades.

**Microfauna:** animales pequeños sólo visibles al microscopio.

**Microflora:** plantas pequeñas que sólo pueden observarse con el microscopio.

**Microorganismos:** los miembros de la flora y fauna microscópica.

**Miliequivalente (meg):** un milésimo del peso equivalente.

**Mineral primario:** cualquier mineral que se presenta en el material parental del suelo.

**Minerales amorfos:** minerales de arcilla cuyas moléculas o átomos o iones no manifiestan disposición regular alguna.

**Minerales de arcilla:** sustancias minerales que se encuentran en la fracción arcilla.

**Mineralización:** cambio de un elemento, por microorganismos, de una forma orgánica a inorgánica. Liberación de la fracción de material mineral contenida en los compuestos orgánicos por efecto de la actividad de los microorganismos del suelo.

**Mioceno:** junto con el Plioceno forma el Neógeno, que es uno de los grandes períodos (el otro es el Paleógeno) en que se divide la era Terciaria. Comenzó hace 25 millones y tuvo una duración de 15 millones de años.

**Monoclinal (relieve):** forma del relieve, que presenta las capas o estratos inclinados en el mismo sentido.

**Montmorillonítico:** con predominio de arcilla montmorillonítica. Arcilla expandible que se contrae en seco y expande en húmedo.

**Morfología:** forma.

**Moteado:** manchas o puntos de diferentes colores que generalmente se desarrollan en el patrón de color del suelo debido a anaerobismo parcial.

**Movimientos en masa:** desplazamiento del suelo cuando masas rocosas poco coherentes se desplazan bajo el influjo de la gravedad sobre laderas empinadas.

**Mulch:** mezcla de residuos vegetales que se acomodan en capas.

**Muestra:** parte representativa de la investigación dentro de las unidades integrantes de la población o universo, en un área y períodos determinados, que permite inferir sobre características de interés, actual o permanente de una población que fue seleccionada.

**Nivel freático:** límite superior del agua subterránea.

**No consolidado:** sedimentos sueltos y no endurecidos.

**Nódulo:** cualquier cuerpo concrecionado que puede separarse de la formación en que se encuentra.

**Orogénesis:** movimientos tectónicos que transforman la corteza terrestre, dando origen a las montañas. Se han desarrollado en varias fases a lo largo de amplios períodos de tiempo que van acompañados de procesos magmáticos, como es el caso del aparecimiento de las cordilleras andinas.

**Paisaje:** porción de espacio de la superficie terrestre aprehendida visualmente. En sentido más preciso, parte de la superficie terrestre que en su imagen externa y en la acción conjunta de los fenómenos que lo constituyen, presenta caracteres homogéneos y una cierta unidad espacial básica.

**Pantano:** terreno esponjoso mojado.

**Pedogénesis:** proceso natural de formación del suelo. La formación del suelo a partir de la roca madre.

**Pedón:** representa el cuerpo de menor tamaño de un mismo suelo, pero que es lo suficientemente

grande como para mostrar la naturaleza, el arreglo de los horizontes y su variabilidad, además de otras propiedades morfológicas. En profundidad se extiende hasta la roca parental o hasta 2 m, lo que sea más superficial. En la superficie tiene entre 1 y 10 m<sup>2</sup> dependiendo de la variabilidad del suelo.

**Pendiente:** superficie inclinada de un relieve. Grado de elevación de un terreno con respecto a su longitud. Se mide por el ángulo que forma con la horizontal o más frecuentemente por el número de unidades que gana en altura por cada 100 unidades de longitud.

**Percolación:** movimiento hacia abajo o lateral del agua a través del suelo.

**Permeabilidad:** aptitud del suelo para dejar pasar el aire o el agua. Facilidad con que el aire, agua o las raíces de las plantas penetran o atraviesan un horizonte específico.

**pH:** logaritmo negativo de la actividad de iones hidrógeno en solución.

**pH del suelo:** logaritmo negativo de la actividad de los iones de hidrógeno en el suelo. El grado de acidez o alcalinidad de un suelo, expresado en términos de la escala de pH, de 1 a 14.

**Piedemonte:** territorio llano o entrelaño contiguo o aledaño respecto a una montaña o aún respecto a una cordillera.

**Piroclastos:** fragmentos arrojados por las explosiones eruptivas y depositadas después sobre el terreno. Material volcánico proyectado por erupciones volcánicas.

**Planicie:** llanura.

**Plástico:** que se deforma sin romperse.

**Plegamiento:** proceso geológico por el que las capas, en otro tiempo horizontales, se arrugaron y plegaron como consecuencia de presiones laterales u otras causas.

**Pluviometría:** medida que registra la cantidad de lluvia caída en cierto tiempo y lugar por unidad de superficie.

**Poro:** volumen discreto de atmósfera de suelo, rodeado por completo por suelo.

**ppm (parte por millón):** una millonésima parte del volumen o del peso.

**Proyecciones volcánicas:** materiales de diversa granulometría lanzadas por los volcanes.

**Preservación:** es la mantención de la condición original de un área silvestre, reduciendo la intervención humana a nivel mínimo.

**Proyecciones volcánicas eólicas:** partículas piroclásticas del tamaño del polvo arrojadas durante las explosiones eruptivas y transportadas por el viento.

**Pseudo-micelio:** formación filiforme que se asemeja a las hifas de los hongos.

**Reducción:** liberación del hierro en un medio anaeróbico (estado ferroso) y que da lugar a coloraciones azules, grises y verdes, en muchos suelos que están constantemente inundados.

**Relación carbono/nitrógeno (C/N):** relación del peso existente en los productos residuales entre el carbono (C) y el nitrógeno (N).

**Respiración:** proceso de intercambio de gases entre un organismo y su medio. Proceso metabólico realizado por los animales y plantas y en el que se produce energía.

**Roca:** material solidificado de la corteza terrestre formado por la asociación de minerales cristalinos o amorfos que presenta caracteres homogéneos.

**Roca madre:** la roca a partir de la cual se forma el suelo.

**Saturación de bases (SB):** grado en que los sitios de intercambio de un material están ocupados por cationes básicos intercambiables. Se expresa como porcentaje de la capacidad de intercambio catiónico. La suma de cationes básicos intercambiables expresada en porcentaje.

**Sedimentos:** depósitos de origen detritico, químico u orgánico, fruto de la destrucción mecánica o de la alteración de las rocas de las precipitaciones de elementos disueltos en el agua o de la acumulación de materia orgánica en el medio continental o marino.

**Sesquióxidos:** generalmente se refiere a los óxidos amorfos combinados con hierro o aluminio.

**Silicatos:** minerales formadores de rocas que contienen silicio.

**Slickenside:** superficie pulida que se forma cuando dos pedazos de suelo se

expande en respuesta a la mojadura. Planos lustrosos y estriados, que indican movimientos diferenciales, en la masa del suelo. Estos movimientos son causados por una hinchazón no uniforme que provoca fricción entre los agregados al mojarse. Estos planos se observan en suelos con abundantes minerales arcillosos tipo 2.

**Solifluxión:** movimiento lento del suelo bajo el influjo de la gravedad.

**Solum:** se considera a aquella parte del perfil del suelo, que es influenciada por las raíces de las plantas.

**Suelos hidromórficos:** suelos formados en presencia de un exceso de agua.

**Suelos limosos:** suelos con una predominancia de partículas minerales que varían en diámetro de 0.2 a 0.002 mm.

**Subsuelo:** parte del suelo, inferior a la normalmente cultivada, que corresponde al volumen ocupado por las raíces.

**Subsuperficial:** bajo la superficie.

**Sustancia tóxica:** sustancia cuya presencia en el suelo inmediata a la superficie inhibe el crecimiento de las plantas y puede causar su muerte.

**Terciario (a):** la tercera gran era de los tiempos geológicos. Comenzó hace 65 millones de años y tuvo una duración de 63.2 (Eoceno, Oligoceno) y el Neógeno (Mioceno, Plioceno).

**Terraza:** superficie plana generalmente estrecha y alargada que interrumpe una pendiente y que debe su origen normalmente a la acción del agua corriente.

**Textura:** proporción relativa de partículas de arena, limo y arcilla en una porción de suelo. Característica del suelo que depende del tamaño de las partículas.

**Textura fina:** contenido mayor al 35 % de arcilla.

**Tixotropía:** propiedad que hace que, sobre un cierto nivel de retención de humedad, el suelo repentinamente se convierte de sólido a líquido. El suelo tixotrópico sufre una modificación de su estado con la presión. La tixotropía está asociada a la presencia de alofana, que es típica de suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas. La fácil alteración origina iones que se organizan en pseudoestructuras conocidas como alofanas, muy parecidas a la caolinita y que dejan gran cantidad de huecos que se llenan de agua, actuando como una esponja. La alofana aporta grandes ventajas al suelo porque retiene muchos iones y agua.

**Toba:** roca formada de material volcánico suelto consolidado. Depósito poroso y blanco de carbonato cálcico o ácido silícico. Ceniza volcánica consolidada.

**Tolerancia del suelo a la erosión:** está definida por la máxima pérdida que permitiría al suelo un mantenimiento sostenido de su productividad.

**Translocación:** movimiento del material de un horizonte a otro, en solución, suspensión o por organismos.

**Unidad ambiental:** unidad homogénea, tanto en sus características físicas como en su comportamiento o respuesta a determinadas actuaciones o estímulos exteriores.

**Unidades de paisaje:** divisiones del territorio que se establecen atendiendo a las características visuales o generales de los factores considerados como definitorios del paisaje.

**Unidad cartográfica de suelo:** muestra en un mapa la localización geográfica específica que ocupa un suelo y la ubicación de sus límites con otros suelos.

**Unidad taxonómica de suelo:** indica por medio de un nombre la ocurrencia de los suelos semejantes o muy parecidos en diferentes localidades geográficas.

**Uso sostenido:** utilización racional de los recursos naturales con miras a su preservación y protección futuras.

**Uso sustentable:** el rendimiento que un recurso renovable puede producir continuamente si se lo administra de forma racional.

**Valle:** terreno más o menos llano o cóncavo entre otros más altos. Depresión alargada creada principalmente por erosión o denudación.

**Vidrio volcánico:** sustancia rígida, frágil o isótropa originada por enfriamiento de una masa de lava vidriosa.



## Bibliografía

- BOUL S. W., HOLE F.D., McCracken R.J. 1981. Génesis y clasificación de suelos. Editorial Trillas. México D.F., México.
- CASANOVA PINTO, M. et al. 2004. Edafología. Guía de clases prácticas. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas, Dpto. de Ingeniería y Suelos. Santiago, Chile.
- CEDIG. 1982. Geomorfología. Documento de investigación No. 1. IPGH-ORSTOM. Quito, Ecuador.
- COLMET DAAGE F. 1980. ORSTOM. Cartografía de los suelos en la sierra ecuatoriana y cartas derivadas. Métodos y Objetivos. Quito, Ecuador.
- ECUADOR. BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. 1982. Atlas del Mundo. Atlas del Ecuador. Les éditions j.a. París, Francia.
- JORDÁN LÓPEZ A. 2005. Manual de Edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. Curso 2005-2006. Sevilla, España.
- FITZ PATRICK, E.A. 1984. Suelos: su formación, clasificación y distribución. CECSA. México DF, México.
- HARDY, F. 1970. Suelos tropicales. Herrero Hnos. SNCS. S.A. México D.F., México.
- LIZCANO A., HERRERA M. C. y SANTAMARINA J.C. Suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia.
- MALAGÓN CASTRO, D. Los suelos de Colombia. IGAC. Bogotá, Colombia. MOORE A. y ORMAZÁBAL C. 1988. Manual de Planificación de Sistemas Nacionales de Áreas Silvestres Protegidas en América Latina. FAO-PNUMA. Santiago de Chile, Chile.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2009. Guía para la descripción de suelos. Cuarta edición. Traducido y adaptado al

castellano por Ronald Vargas Rojas (Proyecto FAOSWALIM, Nairobi, Kenya-Universidad Mayor de San Simón, Bolivia). Roma.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. 2016. Base referencial mundial del recurso suelo 2014. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Actualización 2015. Roma, 2016.

ORTIZ VILLANUEVA, B. y ORTIZ SOLORIO, C.A. 1980. Edafología. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.

PADILLA, W. El Suelo. Componente importante del Ecosistema. Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas. Quito, Ecuador.

PORTA J., LÓPEZ-ACEVEDO M., ROQUERO C. 2003. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. 3a. Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.

PORTA CASANELLAS J. 2008. Edafología: para la agricultura y el medio ambiente (3a. ed.). Madrid, España.

SOCIEDAD ECUATORIANA DE LA CIENCIA DEL SUELO (SECS). 1986. Mapa y Memoria Explicativa del Mapa General de Suelos del Ecuador. Quito, Ecuador.

SECS. 1984. Boletín de la Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. Enero 1984. Quito, Ecuador.

USDA. 2006. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales (USDA). Soil Survey Staff. 2006. Claves para la Taxonomía de Suelos. Décima Edición.

USDA. 2014. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Claves para la Taxonomía de Suelos. Décima Edición, 2006. Traducción de Carlos A. Ortiz – Solorio y Ma. del Carmen Gutiérrez – Castorena. Área de Génesis, Morfología y Clasificación de Suelos Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Montecillo, México.

ZAPATA HERNÁNDEZ, R.D. 2006. Química de los Procesos Pedogenéticos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Medellín, Colombia.



## Sobre el autor

Nace en Ecuador en el año 1951 y reside actualmente en la ciudad de Quito. Con grado profesional de Ingeniero Agrónomo y título de postgrado de Master Science.

Posee amplia experiencia, tanto en el sector privado como público, así como en el ámbito académico.

## Cómo nace esta obra?

Los avances y nuevos conocimientos en la ciencia del suelo hacen necesaria una actualización de la información que dispone el país; aspecto que recoge la presente publicación, incluye además un texto general sobre el origen y la distribución de los suelos a nivel nacional.